

Estratigrafía y sedimentología de la Formación Tiburón en el Norte de Bucaramanga

María Alejandra Barajas Becerra, Daniela Jaimes Lagos.

Trabajo de Grado para Optar el título de Geóloga.

Director

Jairo Clavijo Torres

Msc. Geología Aplicada.

Codirector

Guillermo Vargas Pieschacón.

Especialista en Geotecnia Ambiental.

Universidad Industrial de Santander
Facultad de Ingenierías Fisicoquímicas
Escuela de Geología
Bucaramanga

2019

Dedicatoria.

A Dios, porque sé que sus planes son más grandes que mis sueños

A mis padres César y Marely, a mi hermano Pipe; quienes lo son todo para mí.

A el caminante: mi abuelo, la persona que recordaba lo orgulloso que estaba de mí y que siempre me demostró su amor incondicional, quien guiara mi vida desde el cielo.

A Luis por motivarme, apoyarme y brindarme su amor.

Daniela Jaimes Lagos

A Dios a quien le debo todo y en especial mi familia, que, con sus múltiples ejemplos, enseñanzas y gran amor, hacen de mi cada día una persona mejor.

A Anderson Pinzón, por su apoyo incondicional y amor sincero.

María Alejandra Barajas.

Agradecimientos

Al profesor Jairo Clavijo Torres, quien siempre estuvo dispuesto a ayudarnos y asesorar en todas las inquietudes generadas a lo largo del desarrollo del presente trabajo.

A todos nuestros amigos de geología y en especial a los que pusieron su granito de arena en la realización de este trabajo.

A todas las personas que hicieron de la fase de campo, una etapa más amena con su compañía y ayuda.

A las secretarias de la escuela de Geología, Rosita y Martha, quienes siempre estuvieron disponibles a ayudarnos en todos los trámites pertinentes para que esta tesis fuera posible

A Cesar quien de manera atenta nos proveyó de todos los materiales y espacios necesarios para la realización de las fases de campo y laboratorio.

A Luis Eduardo Garrido, quien hizo del análisis petrográfico una realidad, gracias a la elaboración de las 10 secciones delgadas.

A la Universidad Industrial de Santander y en especial a la escuela de Geología, entidades que nos formaron como profesionales durante estos cinco años.

Al director de escuela, quien nos autorizó cada uno de los permisos necesarios para la realización de las diferentes etapas y cartas enviadas a cada una de las entidades visitadas en campo.

A nuestras familias y en especial a la familia Jaimes Lagos, en donde pasamos la mayoría de nuestras tardes y trasnochos.

Tabla de Contenido

Introducción.....	20
1.Planteamiento del problema	22
2.Justificación.....	22
3. Objetivos.....	23
3.1 Objetivo General.....	23
3.2 Objetivos Específicos	23
4. Localización geográfica	24
5. Metodología	25
5.1 Pre campo	26
5.2 Trabajo de campo.	26
5.2.1 Reconocimiento de campo.....	26
5.2.2 Recolección y análisis de muestras.	26
5.2.3 Elaboración del mapa geológico a escala 1:10.000.	29
5.2.4 Elaboración de poligonales.....	30
5.2.5 Levantamiento de cuatro columnas estratigráficas, representadas a escala 1:100.	30
5.3 Trabajo de oficina	30
5.3.1 Análisis petrográfico.....	30
5.3.2 Digitalización.....	34
5.3.3 Análisis e interpretación de resultados.	34
5.3.4 Organización del informe final.....	34

6.Marco teórico	34
6.1 Estratigrafía	34
6.2 Estrato	35
6.3 Facies	35
6.4 Asociación de facies	36
6.5 Principales tipos de brechas calcáreas.	39
6.6. Plataformas siliciclásticas.....	41
7.Antecedentes de la Formación Tiburón.....	43
8.Marco geológico	46
8.1Unidades geológicas	47
8.1.1 Rocas metamórficas.....	47
8.1.1.1 Neis de Bucaramanga (NPMPb).....	47
8.1.2 Rocas ígneas.	48
8.1.2.1 Cuarzomonzonita (Jc).....	48
8.1.3 Rocas sedimentarias.	49
8.1.3.1 Formación Diamante (CPd).....	50
8.1.3.2 Formación Tiburón (Tt).....	53
8.1.3.3 Formación Bocas (J1b).....	55
8.1.3.4 Formación Jordán (J1J2j).	57
8.1.3.5 Formación Bucaramanga (Qb).	60
8.1.3.6 Depósitos cuaternarios.....	61
8.1.3.6.1 Depósitos aluviales (Qal).....	61
8.1.3.6.2 Depósitos coluviales (Qc).....	61

8.2 Geología estructural.....	62
8.2.1 Falla Bucaramanga.	65
8.2.2 Falla Chitota.	65
8.2.3 Falla Angelinos.....	66
8.2.4 Falla Diamante.....	67
9. Resultados.....	68
9.1 Descripción de secciones estratigráficas	68
9.1.1 Sección estratigráfica - cantera de cementos CEMEX.....	71
9.1.2 Sección estratigráfica - Quebrada Ceylán	96
9.1.3 Sección estratigráfica – Río Surata.....	122
9.1.4 Sección estratigráfica – Planta de tratamiento de aguas AMB Vereda Angelinos.....	135
9.3. Análisis facial	155
9.4 Asociación de facies	156
9.4.1 Asociación de facies 1.	158
9.4.2 Asociación de facies 2.	158
9.4.3 Asociación de facies 3	159
9.4.4 Asociación de facies 4.	159
9.4.5 Asociación de facies 5.	159
9.4.6 Asociación de facies 6.	160
9.4.7 Asociación de facies 7.	160
9.4.8 Asociación de facies 8.	160
9.4.9 Asociación de facies 9	161
9.4.10 Asociación de facies 10.	161

9.4.11 Asociación de facies 11.	161
9.4.12 Asociación facies de 12.	162
9.5 Evolución geológica	162
9.6 Ambientes de depositación	166
9.6.1 Inicio de la sedimentación de la Formación Tiburón.	168
9.6.2 Secuencia C1.	168
9.6.3 Secuencia C2.	169
10. Discusión.....	170
10.1 Diferencias en la cartografía con respecto a Ward, et. al (1973).....	170
10.2 Comparación de trabajos anteriores con el actual.	172
10.3 Sección estratigráfica quebrada Ceylán.....	172
11. Conclusiones.....	173
12. Recomendaciones.....	175
Referencias Bibliográficas	176

Lista de Tablas

Tabla 1. <i>Tabla comparativa de las descripciones litológicas de la Formación Tiburón</i>	45
Tabla 2. <i>Distribución de facies en las cuatro secciones estratigráficas levantadas</i>	155
Tabla 3. <i>Convenciones implementadas en el nombramiento de cada facies</i>	156
Tabla 4. <i>Tabla que relaciona los mecanismos de transporte e interpretación ambiental, de cada una de las asociaciones de facies</i>	156

Lista de Figuras

<i>Figura 1.</i> Localización del área de estudio.....	24
<i>Figura 2.</i> Esquema de la metodología empleada en el trabajo de grado.....	25
<i>Figura 3.</i> Propiedades texturales para rocas sedimentarias terrígenas	28
<i>Figura 4.</i> Diagrama de flujo en el cual se tiene en cuenta ciertas condiciones para llegar al nombre composicional de una roca mixta	29
<i>Figura 5.</i> Parte del conteo de puntos realizado para la placa SQ3-3.....	31
<i>Figura 6.</i> Cantidad de puntos para cada constituyente y su respectivo porcentaje calculo mediante regla de tres	32
<i>Figura 7.</i> Componentes pertinentes para la clasificación composicional de la roca.	32
<i>Figura 8.</i> Ubicación de los porcentajes en el triángulo composicional de Folk, 1974	33
<i>Figura 9.</i> Facies y sus respectivos medios sedimentarios	36
<i>Figura 10.</i> Cambios de facies	38
<i>Figura 11.</i> Principales tipos de brechas carbonatadas.....	40
<i>Figura 12.</i> Factores que controlan la sedimentación en la plataforma.....	42
<i>Figura 13.</i> Mapa geológico a escala 1:10.000 de la zona de estudio	46
<i>Figura 14.</i> Afloramiento ubicado en el carretable que conecta la vereda Angelinos con la vereda Magueyes de Neis biótico.....	48
<i>Figura 15.</i> Afloramientos de la cuarzomonzonita	49
<i>Figura 16.</i> Contacto discordante angular (línea ondulada roja) entre la Formación Diamante y Tiburón.	52

Figura 17. Contacto la Formación Tiburón y la Formación Bocas tectónicamente afectado	54
Figura 18. Afloramiento ubicado en la orilla del río Suratá, en donde se evidencian basaltos toleiticos.....	56
Figura 19. Esquema de la Planta de tratamiento de agua potable AMB, donde se pueden observar las Formaciones Jordán, Bocas y Tiburón.....	59
Figura 20. Depósitos gravosos muy meteorizados de la Formación Bucaramanga.	61
Figura 21. Panorámica del are de estudio mostrando las principales estructuras asociadas a la falla Bucaramanga	63
<i>Figura 22. Cortes estructurales.</i>	<i>64</i>
<i>Figura 23. Estría de falla al borde izquierdo del Río Suratá aguas abajo.</i>	<i>66</i>
<i>Figura 24. Diagrama de rosas realizado en la planta de tratamiento de agua potable de la vereda Angelinos.....</i>	<i>67</i>
<i>Figura 25. Evidencia de la cinemática inversa de la Falla Diamante</i>	<i>68</i>
<i>Figura 26. Ubicación de las columnas estratigráficas en el mapa.</i>	<i>70</i>
<i>Figura 27. Convenciones empleadas en la realización de las columnas estratigráficas detalladas y simplificadas.....</i>	<i>70</i>
<i>Figura 28. Columna estratigráfica simplificada en la sección cantera de cementos CEMEX, carreteable Vereda Angelinos.....</i>	<i>72</i>
<i>Figura 29. Localización de la sección Cantera Diamante con la respectiva poligonal.....</i>	<i>72</i>
<i>Figura 30. Vista general de los segmentos 6,7,8,9 y 10.....</i>	<i>75</i>
<i>Figura 31. Vista general de los segmentos 7 y 8</i>	<i>76</i>
<i>Figura 32. Disposición de las capas, entre los segmentos 12 al 17.</i>	<i>81</i>
<i>Figura 33. Presencia de los bloques de conglomerados del segmento 31..</i>	<i>86</i>

<i>Figura 34.</i> S32 y S35.....	88
<i>Figura 35.</i> Vista general de los segmentos 38 al 45.....	94
<i>Figura 36.</i> Columna estratigráfica simplificada en la sección de la Quebrada Ceylán.....	96
<i>Figura 37.</i> Localización de la sección Quebrada Ceylán.....	97
<i>Figura 38.</i> Vista general de la base del segmento 3.....	101
<i>Figura 39.</i> Apariencia general del segmento Q6.....	103
<i>Figura 40.</i> Base del segmento 13.....	107
<i>Figura 41.</i> Se observa el segmento 18 con la orientación de las capas.....	110
<i>Figura 42.</i> Se observa el segmento 27 con la orientación de las capas y el suelo residual que se encuentra en la base del segmento.....	114
<i>Figura 43.</i> Intercalación de micrita arenosa, que se encuentra a la base del segmento 28.	115
<i>Figura 44.</i> Micrita del segmento Q33..	118
<i>Figura 45.</i> Afloramientos de conglomerados se SQ39.	121
<i>Figura 46.</i> Columna estratigráfica simplificada sección Río Suratá.....	122
<i>Figura 47.</i> Localización de la sección Quebrada Ceylán.	123
<i>Figura 48.</i> Vista general del segmento 1.....	124
<i>Figura 49.</i> Vista general del segmento 3, donde se muestra la orientación de las capas.....	125
<i>Figura 50.</i> Vista general del segmento 4, donde se muestra la orientación de las capas.....	126
<i>Figura 51.</i> Conglomerado de guijo areno lodoso clasto soportado del segmento 5.	128
<i>Figura 52.</i> Vista general del segmento 6, donde se muestra la orientación de las capas.....	129
<i>Figura 53.</i> Tope del conglomerado perteneciente al segmento R9.....	132
<i>Figura 54.</i> Contacto entre los segmentos R10 y R11.....	134

Figura 55. Columna estratigráfica simplificada de la planta de tratamiento de agua potable Vereda Angelinos AMB	136
<i>Figura 56.</i> Localización de la sección Planta Angelinos AMB y su respectiva poligonal.	136
Figura 57. Segmento P1 en donde se muestra su aspecto altamente meteorizado y fracturado.	137
<i>Figura 58.</i> Segmento P3 dispuesto en capas que se orientan de acuerdo al plano de estratificación 35°/36°.	139
<i>Figura 59.</i> Contacto neto entre los segmentos P9, P10, P11, P12 y P13	144
<i>Figura 60.</i> Se observa el levantamiento de las capas en este segmento 36, que hace parte de la Formación Bocas.	154
Figura 61. Registro paleontológico y reconstrucción general de las paleo-facies del Paleozoico superior	164
<i>Figura 62.</i> Fases evolutivas del ambiente de depositación de la Formación Tiburón..	166
<i>Figura 63..</i> Sección mostrando las zonas de energía en un mar epéirico.....	167
<i>Figura 64.</i> Comparación entre el mapa a escala 1:10.000 realizado en este trabajo y el mapa escala 1:100.000 realizado por Ward, et.al (1973).	171

Lista de Apéndices

(Ver apéndices adjuntos en el CD; pueden visualizarlos en la Base de Datos de la

Biblioteca UIS)

Apéndice A: Mapa geológico a escala 1:10.000

Apéndice B: Cortes estructurales A-A', B-B' y C-C'

Apéndice C: Poligonal sección cantera

Apéndice D: Poligonal sección Planta AMB

Apéndice E: Catalogo de muestras

Apéndice F: Columna detallada escala 1:100. Sección cantera

Apéndice G: Columna detallada escala 1:100. Sección Quebrada Ceylán

Apéndice H: Columna detallada escala 1:100. Sección Río Suratá

Apéndice I: Columna detallada escala 1:100. Sección Planta AMB

Apéndice J: Análisis petrográfico

RESUMEN

TITULO: ESTRATIGRAFÍA Y SEDIMENTOLOGÍA DE LA FORMACIÓN TIBURÓN EN EL NORTE DE BUCARAMANGA*

AUTOR: MARÍA ALEJANDRA BARAJAS*
DANIELA JAIMES LAGOS**

PALABRAS CLAVES:

SEDIMENTOS MIXTOS, PLATAFORMA SOMERA, TRIÁSICO, NORTE DE BUCARAMANGA, CONGLOMERADOS CALCÁREOS, FORMACIÓN TIBURÓN.

La Formación Tiburón aflora mediante una franja con sentido NNE-SSW en el Norte de Bucaramanga específicamente en los alrededores de la vereda Angelinos. En esta localidad se levantaron cuatro columnas estratigráficas representadas a escala 1:100, las cuales forman parte de la columna compuesta de la Formación Tiburón. La base de la unidad se levantó en la cantera de cementos CEMEX, la parte media en la quebrada Ceylán, la parte superior sobre la orilla norte del río Surata y el tope en la planta de tratamiento de agua potable vereda Angelinos AMB; con base en el análisis sedimentológico, descripción estratigráfica, descripción macroscópica-microscópicas de las muestras y datos obtenido en la columna, se estableció que la Formación Tiburón está compuesta por sedimentos de facies mixtas dentro de las que se encuentran micritas arenosas, facies calcáreas correspondientes a micritas, y facies terrígenas a las que pertenecen los conglomerados calcáreos, areniscas y lodolitas.

La Formación Tiburón está constituida por depósitos de caída de roca en una plataforma siliclástica y con aporte de material fluvial (escorrentías), los primeros depósitos mencionados anteriormente fueron causados por el levantamiento y control tectónico de la plataforma a mediados del Triásico; hipótesis que no había sido considerada para la Formación Tiburón. Los conglomerados depositados por caída de roca se derivan de la erosión de calizas del miembro superior de la Formación Diamante; situación por la cual estas dos unidades se encuentran en contacto discordante angular en la cantera de cementos CEMEX; en donde además, y en general en toda la zona de estudio, se evidencia el alto diaclasamiento y fallamiento de la Formación Tiburón; estas afectaciones estructurales son generadas debido a la tectónica transpresiva de la zona, cuya principal estructura corresponde a la falla Bucaramanga y su asociación de fallas inversas transversales con componentes de rumbo.

*Trabajo de pregrado

** Facultad de ingenierías Físico- Químicas. Escuela de Geología. Director: Jairo Clavijo Torres, Msc. Geología Aplicada

ABSTRACT

TITLE: STRATIGRAPHY AND SEDIMENTOLOGY OF THE TIBURON FORMATION IN THE NORTH OF BUCARAMANGA *

AUTHOR: MARÍA ALEJANDRA BARAJAS *

DANIELA JAIMES LAGOS **

KEYWORDS:

MIXED SEDIMENTS, SHALLOW PLATFORM, TRIASSIC, NORTH OF BUCARAMANGA, CALCAREOUS CONGLOMERATES, TIBURÓN FORMATION.

The Tiburón Formation is outcropping at the north of Bucaramanga in a strip with orientation NNE-SSW, located in the surroundings of the lane Angelinos. In this location, we develop four stratigraphic columns at representative scale 1:100, which are part of the column composed of the Tiburón formation. The base of the unit was in the CEMEX cement quarry, the middle part in the Ceylán ravine, the upper part in the north bank of the Suratá river and the top in the AMB water treatment plant -Angelinos; based on the sedimentological analysis, stratigraphic description, and macroscopic-microscopic description of the samples and data obtained in the stratigraphic columns, it was established that the Tiburón formation is constituted by mixed facies within which there are sandy micrites, calcareous facies in which micrites and terrigenous facies like calcareous conglomerates, sandstones and mudstones.

The Tiburón Formation is constituted by deposits of falling rock in a siliclastic platform and contribution of fluvial material, which are in turn interspersed with flood deposits, these processes were caused by tectonic lifting and control of the platform in the middle Triassic, hypothesis that had not been considered for the Tiburón Formation. The conglomerates deposited by falling rock are derived from the erosion of limestones of the upper member of the Diamante Formation; situation whereby these two units are in angular discordant contact in the CEMEX'S quarry; where in addition, and in general throughout the study area, the high jointing and faulting of the Tiburón Formation is evident due to the transpressive tectonics of the zone, whose main structure corresponds to the Bucaramanga fault and its association of transversal thrust faults with strike-slip.

*Degree work

** Faculty of Physical-Chemical engineering. School of Geology. Director: Jairo Clavijo Torres, Msc. Applied Geology

Introducción

El estudio de la estratigrafía y sedimentología de una Formación, constituyen la base para la delimitación, diferenciación con las formaciones adyacentes, determinación de la evolución histórica y paleo ambiental de una unidad. Durante la recopilación de datos registrados en la literatura de la Formación Tiburón se apreció la carencia de información y es por tal razón, que en las siguientes etapas que componen el desarrollo de la actual investigación, se ahondo en estas áreas. Primero, se realizó una campaña de campo, en donde se reconocieron las diferentes unidades aflorantes en el norte de Bucaramanga y una fase posterior en donde se levantaron, alrededor de la vereda Angelinos, cuatro columnas estratigráficas con sus respectivas muestras, datos estratigráficos y estructurales. Segundo, se realizó una comparación de los datos obtenidos en campo con la información encontrada en estudios anteriores como el de Ward et al. (1973), en donde parte de la sección tipo compuesta a lo largo de la carretera Bucaramanga – Matanza, no se identificó y por el contrario se descubrieron nuevas secciones estratigráficas como la Quebrada Ceylán y Planta AMB- Angelinos; donde la secuencia de la Formación Tiburón se presenta más completa. También se comparó la cartografía realizada en la zona con el mapa H-12, resaltando diferencias en la parte oriental donde cartografiaban la Formación Girón y que gracias a nuevas construcciones se pudo estudiar la relación entre areniscas, lodolitas y conglomerados rojizos con tobas ácidas y areniscas tobáceas posiblemente correlacionables con la Formación Jordán.

La fase final consiste en el análisis e interpretación ambiental de las facies y sus asociaciones encontradas en las columnas; dando como resultado nuevas hipótesis acerca del ambiente de deposición de la Formación Tiburón, el cual correspondería al depósito de una plataforma

siliclástica inundada por un mar epicontinental confinado con aporte fluvial, afectada por pulsos tectónicos que originan los conglomerados característicos de dicha unidad.

1.Planteamiento del problema

El estudio estratigráfico y sedimentológico de una unidad geológica es de suma importancia a la hora de establecer el posicionamiento de la unidad en el tiempo, caracterizar los sedimentos que la componen y la proveniencia de los mismos, la descripción de sus litologías, y los demás aspectos que permitan conocer la unidad desde el momento de su origen hasta los fenómenos que la afectan en la actualidad. La principal problemática con la Formación Tiburón guarda relación con lo mencionado anteriormente, ya que a lo largo del tiempo esta Formación no ha contado con una caracterización estratigráfica detallada en la cual se reconozca claramente su secuencia estándar; esta situación impide que la Formación Tiburón sea definida y delimitada de forma precisa respecto a las demás unidades adyacentes que se encuentran presentes en el Norte de Bucaramanga.

2.Justificación

Los pocos estudios realizados hasta la fecha sobre la Formación Tiburón no permiten aclarar con precisión cuestiones sobre su posición estratigráfica, edad, facies y ambiente de depósito. Por tal razón, en el presente trabajo se realiza una caracterización estratigráfica y sedimentológica detallada de la Formación Tiburón, mediante el análisis de cuatro secciones estratigráficas a escala representativa 1:100 levantadas en las zonas aledañas a la vereda Angelinos, en el Norte de Bucaramanga.

3. Objetivos

3.1 Objetivo General

Caracterizar estratigráfica y sedimentológicamente a la Formación Tiburón en su localidad tipo (cantera de calizas de Cementos CEMEX), en la planta de tratamiento de agua potable para la vereda Angelinos AMB, en la Quebrada Ceylán y sobre trayecto del Río Suratá.

3.2 Objetivos Específicos

- Realizar la cartografía a escala 1:10.000 en la localidad tipo de la Formación Tiburón
- Levantar las columnas estratigráficas a escala 1:100 (estrato tipo compuesto).
- Reconocer y describir las estructuras geológicas presentes en la zona de estudio, como fallas, pliegues y lineamientos.
- Realizar el análisis petrográfico de diez secciones delgadas correspondientes a muestras de campo seleccionadas de la unidad objeto de estudio.

4. Localización geográfica

La zona de estudio se encuentra localizada hacia el nororiente del departamento de Santander, en la parte septentrional del municipio de Bucaramanga, en los sectores aledaños a la vereda Angelinos, barrios Santos bajos y Chitota. Las principales vías de acceso de la zona corresponden a la que conduce de Bucaramanga al barrio Colorados y a la que conduce de Bucaramanga a Matanza.

El área de interés abarca 4.75 km² y se encuentra entre el límite de las planchas 109 IV C 4 y 109 IV D 3 del Instituto Geográfico Agustín Codazzi, con las siguientes coordenadas:

A) x: 1'104.500 m B) x: 1'106.400 m C) x: 1'104.500 m D) x: 1'106.400 m
y: 1'285.000 m y: 1'285.000 m y: 1'285.500 m y: 1'282.500 m

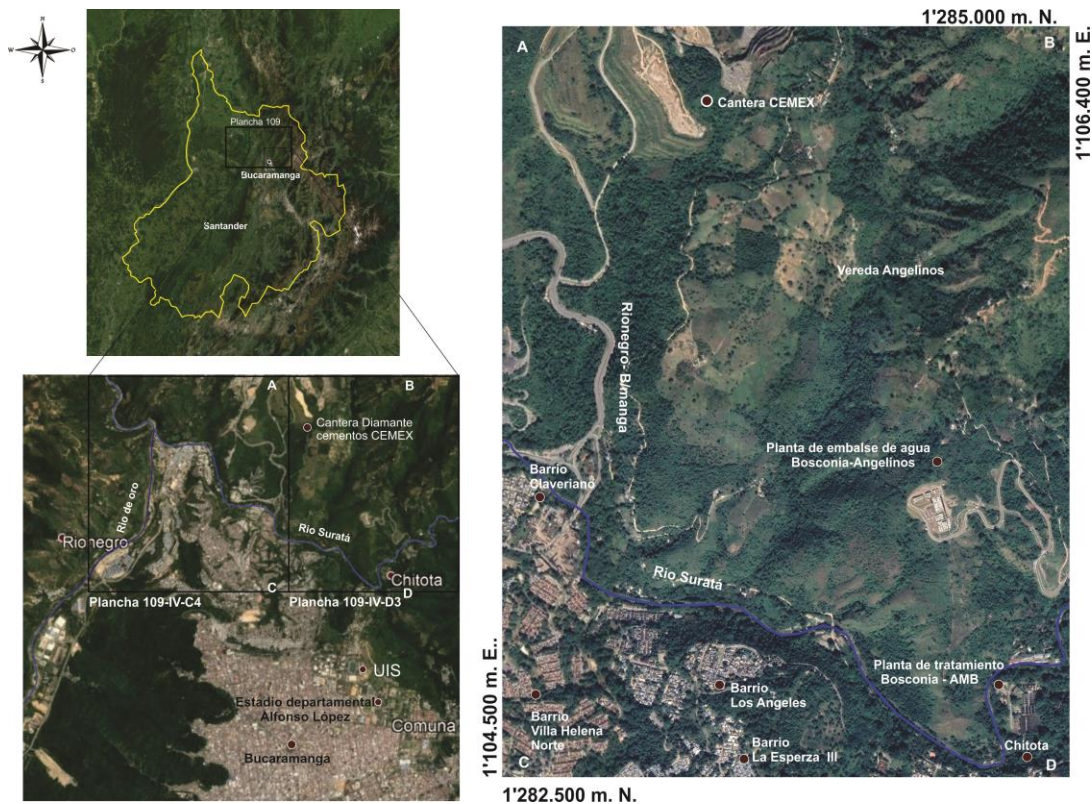


Figura 1. Localización del área de estudio. Imágenes tomadas de Google earth pro.

5. Metodología

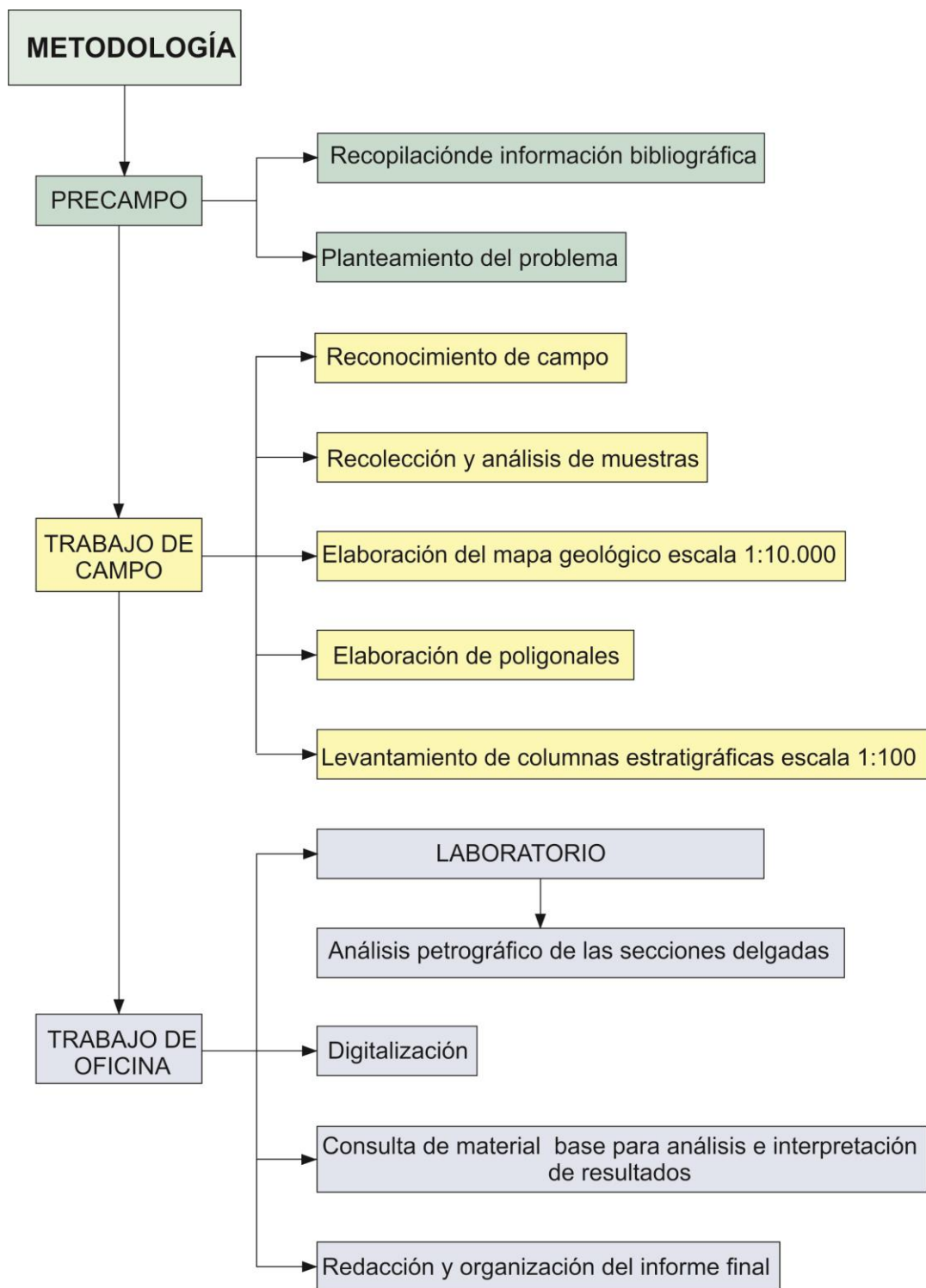


Figura 2. Esquema de la metodología empleada en el trabajo de grado.

5.1 Pre campo

En esta fase se realiza la búsqueda e investigación detallada de todo el material bibliográfico encontrado para la Formación Tiburón (ver tabla 1), los cuales incluyen: memorias explicativas, trabajos de grado, informes y artículos encontrados en plataformas virtuales como la biblioteca de la Universidad Industrial de Santander, Servicio Geológico Colombiano, revistas científicas y documentos proporcionados por terceros; con dicha información se establece la problemática de la investigación.

5.2 Trabajo de campo.

El trabajo de campo tuvo una duración aproximada de 6 meses, y es dividida como se muestra a continuación:

5.2.1 Reconocimiento de campo. Teniendo como base las cartas topográficas a escala 1:10.000, 109-IV-D-3 y 109-IV-C-4 del Instituto Geográfico Agustín Codazzi; es posible reconocer las vías de acceso útiles para el reconocimiento de la zona. En total se realizaron 64 estaciones de campo y 40 auxiliares, ubicadas con el GPSmap 62 marca Garmin y señaladas en el mapa, con la respectiva unidad encontrada en ese punto y los datos estratigráficos y estructurales tomados con una brújula marca Brunton

5.2.2 Recolección y análisis de muestras. En cada una de las estaciones realizadas en la fase anterior, fueron recolectadas muestras de campo, debidamente marcadas y referenciadas. Los diferentes tipos de rocas sedimentarias, ígneas y metamórficas fueron descritas en un catálogo de muestras (ver apéndice E) y en cada uno de los segmentos de las columnas estratigráficas.



Las rocas sedimentarias terrígenas, fueron descritas de acuerdo a imágenes comparativas, con las que se pudo determinar propiedades texturales como el tamaño de grano (ver figura 3-a), la esfericidad y redondez (ver figura 3-a), el calibrado (ver figura 3-c) y estimar aproximadamente el porcentaje de sus componentes (ver figura 3-b), los cuales son recalculados en arena, limo y arcilla para las rocas terrígenas de grano fino; arena, lodo y grava , para las rocas terrígenas de grano grueso; en ambos casos, la intersección de las líneas proyectadas en los diagramas triangulares de Folk (1974), dan como resultado el nombre textural de las muestras. En los conglomerados, se destacan otras propiedades derivadas del capítulo 7 del libro de Harms, et al. (1975), como fábrica, calibrado, distribución del tamaño de grano, estratificación y gradación.

Composicionalmente, se estiman las partículas terrígenas tamaño arena o grava según sea el caso, en cuarzo, feldespato y fragmentos de roca; las areniscas son ubicadas en el diagrama triangular de Folk (1974) y los conglomerados en el diagrama triangular de Cruz y Caballero, (2008). En los materiales más finos como limo, arcilla y cemento, se da una estimación aproximada de su composición de acuerdo a cualidades como el color o pruebas químicas, como la efervescencia del cemento calcáreo en HCl.

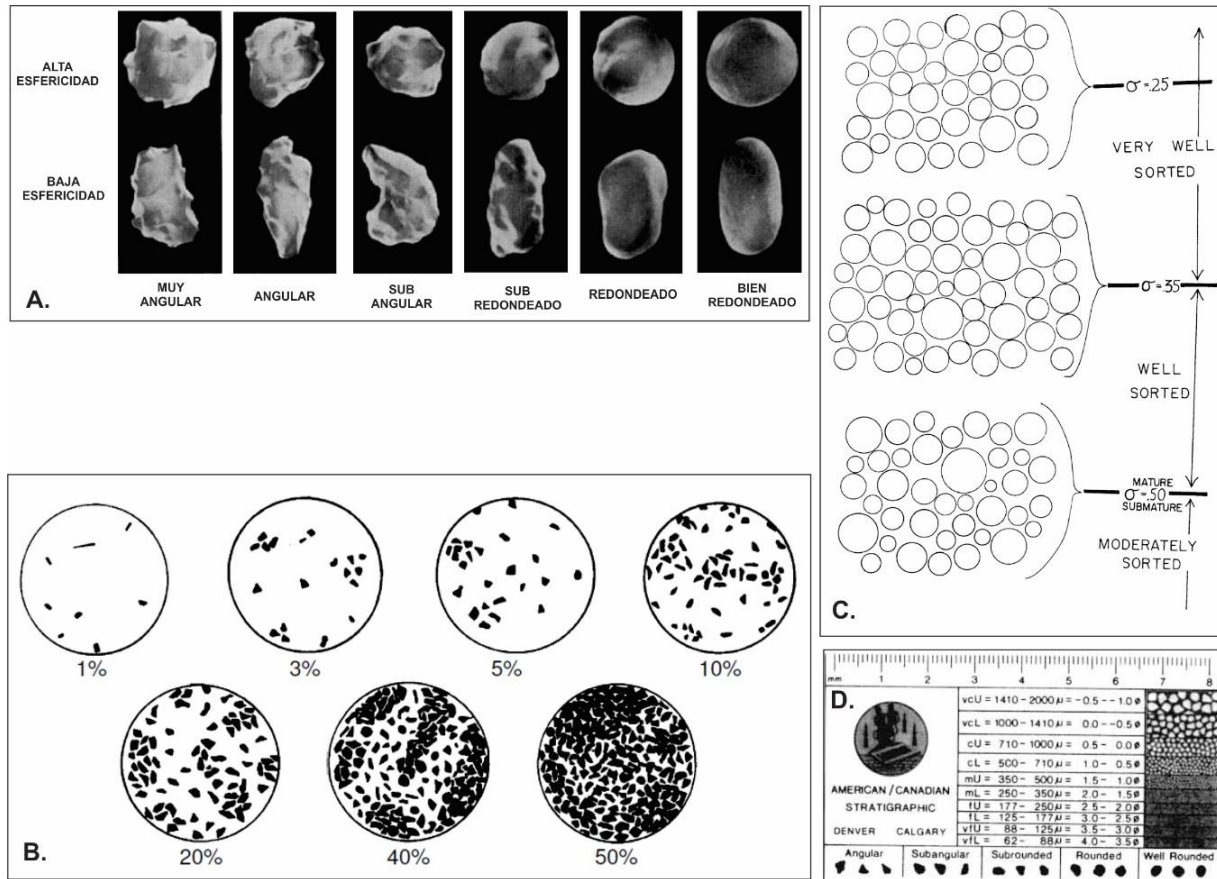


Figura 3. Propiedades texturales para rocas sedimentarias terrígenas. A) Escala de redondez. Adaptado de Powers, 1953. p. 118. B) Imágenes estimativas del porcentaje de los componentes de una muestra. Modificado de Scholle, como se citó en Cruz, L.E y Caballero, V.M, 2007. C) Adaptado de Folk, 1974. p. 102. D) Imágenes comparativas del tamaño de grano, Miall, 2000. p. 28

Las rocas sedimentarias calcáreas, son clasificadas primero según la tabla de Folk, (1974), con base a los componentes ortoquímicos, micrita y aloquímicos (intraclastos, fósiles, oolitos y pelets); y según Dunham, (1962), por la abundancia de los materiales gruesos o de lodo calcáreo.

Las rocas mixtas entre material siliciclástico y calcáreo, fueron tratadas, de acuerdo a la clasificación de primer orden textural-composicional propuesta por Mount (1985); la cual tiene en cuenta partículas siliciclásticas tamaño arena, lodo, aloquímicos y micrita. La relación entre

estos componentes se resume en el diagrama de flujo de la figura 4, de donde se derivan 8 nombres con base en su componente principal y secundario.

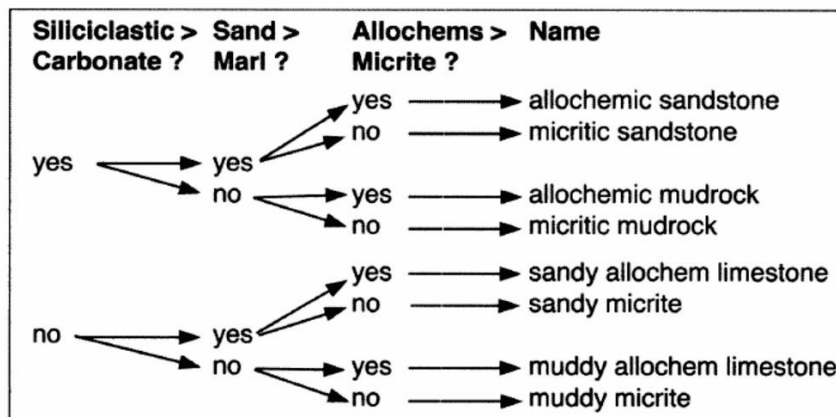


Figura 4. Diagrama de flujo en el cual se tiene en cuenta ciertas condiciones para llegar al nombre composicional de una roca mixta. Adaptado de Mount, 1985. p, 439.

Las rocas ígneas, plutónicas y volcánicas, fueron clasificadas de acuerdo a los porcentajes en cuarzo, plagioclasa y feldespatos alcalinos; situados en los diagramas de clasificación de Streckeisen, (1974) y (1979). Para las rocas vulcano-sedimentarias y vulcano clásticas, fueron empleadas las clasificaciones de Schmid, (1981), basada en la cantidad y los tamaños dominantes de los fragmentos piroclásticos.

Por último, las texturas y estructuras de las rocas metamórficas fueron descritas, de acuerdo a los conceptos registrados en el Manual de prácticas de petrología metamórfica de García, (2007).

5.2.3 Elaboración del mapa geológico a escala 1:10.000. Con la información recolectada en las etapas anteriores y teniendo en cuenta la expresión geomorfológica de cada unidad aflorante en la zona de estudio; es posible delimitarlas y representar las estructuras como fallas y lineamientos.

5.2.4 Elaboración de poligonales. De los afloramientos en donde mejor se ve expuesta la Formación Tiburón, se tuvo en cuenta la Cantera de cementos CEMEX a la base de la unidad y la Planta de tratamiento de agua potable para la vereda Angelinos AMB al tope. La metodología empleada desde la recolección de información para la construcción de una poligonal abierta hasta su construcción en un plano horizontal, es basada en las guías de campo de Cruz y Mier, (2014)

5.2.5 Levantamiento de cuatro columnas estratigráficas, representadas a escala 1:100. Donde se realizaron poligonales, junto con otras dos secciones; una en la orilla Norte del río Suratá y la otra en un afluente de la quebrada Ceylán; se levantan 4 columnas detalladas, cuyo espesor es medido con ayuda del bastón de Jacob (Miall, 2000) y descritas, en cada uno de los 49 segmentos de la sección cantera, 39 segmentos de la sección quebrada Ceylán, 12 de la sección río Suratá y 36 de la sección Planta AMB.

5.3 Trabajo de oficina

Luego de toda la información recopilada en la fase de campo, se prosigue al análisis de la información tanto en oficina como en el laboratorio petrográfico de la Universidad Industrial de Santander.

5.3.1 Análisis petrográfico. Empleando un microscopio de luz polarizada marca Nikon modelos e200pol e i50pol para el que captura microfotografías; se realiza el análisis petrográfico de 10 secciones delgadas, de las cuales a 7 se les hace conteo de puntos, mediante un barrido mm a mm sobre la placa. En cada punto (300) se observa la composición de las partículas terrígenas, la esfericidad, redondez y tamaño. Un ejemplo de la metodología empleada para la lámina SQ3-3, se presenta a continuación:

1. Se realizó una plantilla en Excel, con cada uno de los puntos observados, ya sean de partículas terrígenas, cemento o matriz (ver figura 5)

	115		116		117		118		119		120		121		122		123	
11	Ferr		Qz ses	sa Sm	Lar el	sr smg	Lar el	sr smg	Espar		Ferr		Qz ses	sa sf	Ferr		Espar	
12	Lqza ses	sr sm	Ferr		Ferr		Ferr		Qz el	sr sm	Mes sel	sa smg	Espar		Espar		Qz ses	sr sm
13	Lqza sel	sr sm	Ferr		Lqza el	Sa guij	Ferr		Espar		Lqza sel	sr sg	Ferr		Espar		Microespa	
14	Microespa		Ferr		Espar		Lqza el	Sa guij	Lqza el	Sr guij	Ferr		Espar		Mes ses	sr sm	Ferr	
15	Microespa		Ferr		Ferr		Qz el	sa sm	Lqza el	Sr guij	Espar		Lqza ses	sr sm	Mes ses	sa gran	Mes ses	sa gran
16	Qz ses	a sf	Litcu ses	sa sm	Qz sel	sa sm	Ferr		Lqza el	A guij	Lqza el	Sr guij	Ferr		Mes ses	sa gran	Mes ses	sa gran
17	Qz sel	sa sm	Ferr		Microespa		Espar		Litcu ses	sr sf	Espar		Microespa		Espar		Mes ses	sa gran
18	Microespa		Ferr		Ferr		Qz sel	sa sg	Ferr		Espar		Ferr		Ferr		Microespa	
19	Ferr		Qz sel	sa sf	Espar		Qz sel	sa sf	Qz sel	sr sf	Ferr		Sil		Ch sel	sr sm	Qz el	sr sm
20	Ferr		Espar		Microespa		Sil		Ferr		Microespa		Qz sel	sr smf	Qz ses	sa z	Qz sel	sa sm
21	Ferr		Qz Sel	A Sf	Microespa		Microespa		Litcu Sel	Sr Sf	Qz Ses	Sr Sm	Espar		Lar El	Sa Sg	Ferr	
22	Qz Ses	A Sf	Espar		Qz El	Sr Sf	Qz El	Sa Sm	Psespar		Ferr		Qz El	Sr Sg	Ferr		Ferr	
23	Lqza El	Sr Sm	Ferr		Litcu Sel	Sr Sf	Microespa		Ferr		Espar		Ferr		Mes Sel	R Sm	Mes Sel	R Sm
24	Qz Ses	Sr Sm	Espar		Ferr		Ferr		Qz Se	Sa Sf	Arcilla		Qz Sel	Sa Sf	Qz Sel	Sa Sf	Mes Sel	R Sm

Figura 5. Parte del conteo de puntos realizado para la placa SQ3-3

2. Cada uno de los constituyentes representa cierta cantidad de puntos, posteriormente recalculados mediante una regla de tres, en donde el 100% corresponde a los 300 puntos:

	Puntos	Porcentaje
Lodo ferruginoso	61	20.3%
Microespar	30	9.9%
Micrita	2	0.6%
Espar	46	15.4%
Cuarzo	85	28.4%
Silicificación	7	2.4%
Lítico de esparita	13	4.4%
Lítico de chert	3	1.0%
Lítico de arenisca	4	1.4%
Lítico de lodolita calcárea	2	0.6%
Lítico de cuarzo arenita	15	5.0%
Lítico de microesparita	16	5.4%
Lítico de lodolita	2	0.6%
Lítico de cuarcita	10	3.4%
Psespar	1	0.3%
Feldespatos	2	0.6%
Arcilla	1	0.30%
	300	100%

Figura 6. Cantidad de puntos para cada constituyente y su respectivo porcentaje calculo mediante regla de tres

3. Para poder nombrar la muestra, es necesario sumar todos los porcentajes competentes a los líticos, que, junto al cuarzo y feldespatos, corresponden al nuevo 100%

Fragmentos de roca	21.80%	42.913386
Cuarzo	28.40%	55.905512
Feldespatos	0.60%	1.1811024
	50.80%	100

Figura 7. Componentes pertinentes para la clasificación composicional de la roca.

4. El mismo proceso es realizado, pero teniendo en cuenta la porción grava, arena y lodo. Luego estos porcentajes son ubicados en los diagramas triangulares de Folk, (1974) que dan como resultado los nombre composicionales y texturales de las muestras.

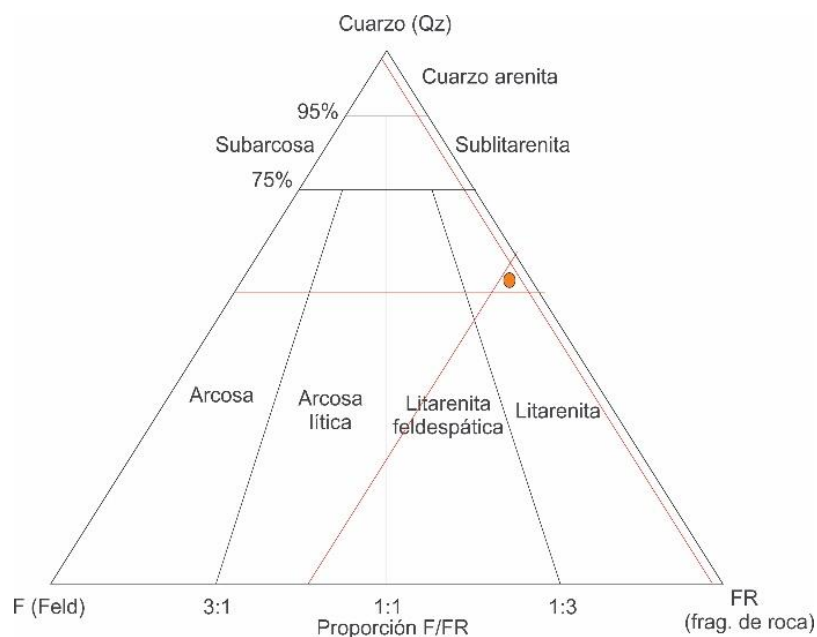


Figura 8. Ubicación de los porcentajes en el triángulo composicional de Folk, 1974; dando como resultado una Litoarenita.

La descripción de cada placa fue realizada con ayuda de literatura pertinente como el libro de Microfacies of Carbonate Rocks de Flügel (2004); el atlas petrográfico de rocas sedimentarias de Adams., MacKenzie y Guilford. (1984) y el de rocas ígneas de MacKenzie, Donaldson y Guilford. (1996). En cuanto a la identificación de los fósiles presentes en los clastos de los conglomerados, fue necesario comparar las características morfológicas de las diferentes especies, con las encontradas en documentos como: Ross & Ross (1991) para los foraminíferos Paleozoicos; Camacho (2007) para los foraminíferos del orden Trochomminida y Leven & Okay (1996) para los fósiles del Carbonífero – Pérmico.

5.3.2 Digitalización. Las columnas estratigráficas y los cortes estructurales fueron digitalizados en el programa CorelDRAW 2018; el mapa geológico en el software ArcMap 10.3 y las poligonales en el programa AutoCAD 2015

5.3.3 Análisis e interpretación de resultados. Uno de los resultados importantes para el análisis sedimentológico de la Formación Tiburón, corresponde a la designación de facies y su posterior asociación. De acuerdo al concepto de facies de Miall (2000), este término es empleado para rocas definidas por su litología distintiva, incluyendo composición, tamaño de grano, estratificación y estructuras sedimentarias. Con base a eso, se reconocieron 26 facies, nombradas según la tabla 3. Luego de que estas se agrupan en un total de 12 asociaciones, se consulta el material base necesario para su respectiva interpretación ambiental, ligada a la tectónica y evolución histórica de la zona.

5.3.4 Organización del informe final. En este apartado, se realiza el agrupamiento, discusión, redacción de los resultados finales y conclusiones pertinentes al estudio, a manera de informe estructurado por las Normas APA.

6.Marco teórico

Este capítulo, está compuesto por los conceptos más empleados y más importantes para la realización del actual informe.

6.1 Estratigrafía

Descripción, clasificación, nombramiento y correlación de las unidades, para establecer su relación en el espacio y la sucesión en el tiempo. La estratigrafía estudia también la distribución,



composición litológica, contenido fósil, propiedades geofísicas y geoquímicas, junto con todas las propiedades observables y su interpretación en términos de ambientes o historia geológica. Todas las clases de roca – ígnea, metamórfica como rocas sedimentarias consolidadas o in consolidadas- caen dentro del alcance general de la estratigrafía. (Guía estratigráfica internacional, 1976).

6.2 Estrato

Un estrato geológico es una capa (un cuerpo generalmente tabular) de roca caracterizada por ciertas propiedades litológicas o atributos que la hace distinguible de las otras capas adyacentes. Los estratos adyacentes pueden ser separados por planos visibles de estratificación o límites menos perceptibles de cambios en la litología. (Guía estratigráfica internacional, 1976). Los estratos son considerados como unidades de sedimentación, donde el espesor de sedimento es depositado bajo condiciones físicas constantes. (Otto como se citó en Boggs, 2006).

6.3 Facies

El término facies corresponde a un conjunto de características que definen a las rocas sedimentarias y las diferencia de las demás. Estas características están determinadas por la geometría, litología, estructuras sedimentarias, distribución de paleo corrientes y fósiles. El primer objetivo de un trabajo estratigráfico es el reconocimiento de las facies de los materiales que afloran en una determinada región (Vera, 1994).

La determinación de facies se basa en los datos obtenidos en campo y en las respectivas muestras que se tomen, es necesario combinar los datos de afloramiento como lo son los

espesores y forma de los estratos (geometría), y los datos propios de las rocas como lo son la textura, estructuras, mineralogía, color, fósiles, etc.

El termino facies surge cuando el estudio de los procesos sedimentarios actuales demostró que cada uno de ellos presentaban unos productos resultantes característicos y que estos productos variaban de acuerdo con las variaciones de los parámetros fundamentales que componen cada proceso sedimentario (velocidad del flujo de transporte, sentido y composición química del mismo) (Selley, como se citó en Arche, 2010).

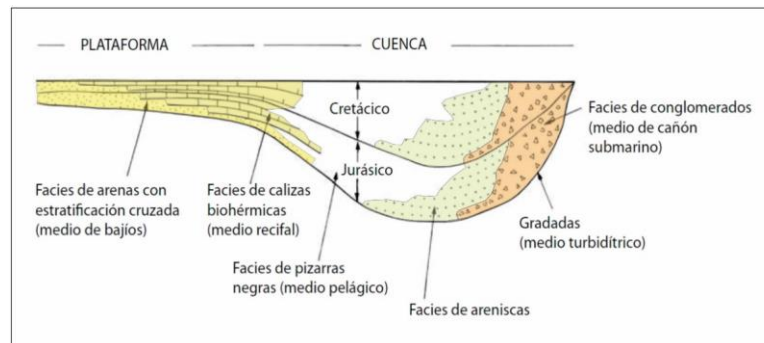


Figura 9. Facies y sus respectivos medios sedimentarios. *Nota:* Adaptado de Selley, (como se citó en Arche, 2010). Sedimentología: Del proceso físico a la cuenca sedimentaria. Consejo superior de investigaciones científicas de Madrid (CSIC), España. p.23

6.4 Asociación de facies

Las facies individuales son el elemento inicial de toda interpretación sedimentológica y se deben agrupar en asociaciones de facies, que tienen una génesis común, es decir que se interpretan como el producto de un medio o proceso sedimentario concreto y definido (Arche,2010). El establecimiento de las asociaciones de facies se constituye como la herramienta fundamental para la caracterización de los ambientes de formación de las rocas sedimentarias

Las asociaciones de facies corresponden a la distribución ordenada de facies, las cuales se encuentran relacionadas. Esta agrupación de facies tiene que cumplir dos condiciones, la primera es que las facies que la conforman se encuentren juntas, y la segunda que estén genéticamente relacionadas (Vera, 1994). A la hora de estudiar secciones estratigráficas detalladas se analiza las agrupaciones de facies superpuestas en su expresión vertical y definen mediante secuencias de facies

Según Vera (1994), todas las facies están determinadas por unos límites definidos en el espacio y tiempo, en los cuales se reflejen los cambios y la posición de los mismos con respecto a las superficies de estratificación. Los cambios que se presentan pueden ser:

- *Cambios laterales de facies*: se presentan en dos facies comprendidas entre dos líneas isócronas y por tanto marcan el paso de una facies a otra coetánea
- *Cambios verticales bruscos*: Estos cambios se dan mediante superficies de estratificación neta, en las cuales se evidencia un cambio brusco
- *Cambios verticales de facies*: aquellos que separan dos facies depositadas en intervalos de tiempo sucesivos, mediante superficies deposicionales
- *Cambios verticales bruscos*: Estos cambios se dan mediante superficies de estratificación neta, en las cuales se evidencia un cambio brusco
- *Cambios verticales graduales*: El cambio de facies se da de manera difusa, es decir una banda paralela a la estratificación
- *Cambios oblicuos de facies*: Son los que tiene lugar simultáneamente cambios de facies laterales y verticales, de manera que no hay una banda que en su conjunto es oblicua a las líneas isócronas.

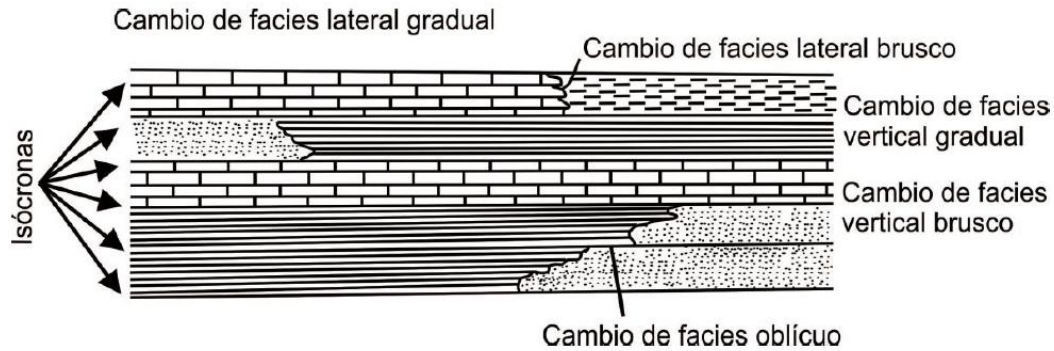


Figura 10. Cambios de facies. Tomado de Vera (1994)

Como se mencionó anteriormente, en el análisis de secciones estratigráficas se utiliza el nombre secuencia de facies, en su análisis se permiten diferenciar varios tipos de secuencias elementales de facies:

- *Secuencias granocrecientes*: aquellas en las cuales hacia el techo de la secuencia se encuentran ordenadamente materiales de facies detríticas más gruesas. Estas secuencias equivalen a las secuencias negativas definidas por Lombard (1956), las cuales son producto del aumento de la energía del medio en el que depositan.
- *Secuencias granodecrecientes*: aquellas en las cuales hacia el techo de la secuencia se encuentran ordenadamente materiales de facies detríticas más finas. Estas secuencias equivalen a las secuencias positivas definidas por Lombard (1956), las cuales son producto de la disminución de la energía del medio en el que depositan.
- *Secuencias de somerización*: En este tipo de secuencias hacia el techo se encuentran ordenadamente materiales de medios mas someros terminando usualmente con episodios de emersión

- *Secuencias de profundización*: Son aquellas en las que hacia el techo de la secuencia se localizan materiales progresivamente más profundos

6.5 Principales tipos de brechas calcáreas.

Rocas sedimentarias caracterizadas por fragmentos de calizas y dolomitas embebidos en una matriz constituida de matriz de grano fino o/y cemento. Las brechas se caracterizan por tener abundantes clastos angulares (usualmente más del 50%) y los conglomerados por abundantes clastos bien redondeados. (Flügel, 2004)

PRINCIPALES TIPOS DE BRECHAS CARBONATADAS	
	Brecha de flujo en masa: Brecha originada del transporte cuesta debajo de sedimentos marinos someros y de pendiente, movidos bajo la fuerza de la gravedad. Incluye brechas formadas por deslizamientos y desplome, flujo de detritos, flujos de grano y flujo turbidíticos.
Brechas deposicionales (Resultado de la deposición del material carbonatado erodado)	Brecha de caída de rocas submarinas: Brechas de flujo en masa formadas por la acumulación de fragmentos de roca gruesos y angulares, derivados de la caída desde un acantilado, escarpe o ladera rocosa empinada. Brecha peri mareal y marina somera: Brecha formada por deposición sin sedimentaria de la erosión de carbonatos peri mareales, submareal somero, así como, sub aéreos, frecuentemente relacionados a eventos de tormenta. La deposición toma lugar en configuraciones inter y supra mareal, y en la playa Brecha de frente arrecifal: Brecha depositada sobre pendientes al lado del mar de arrecifes de alta energía. Consiste de material arrecifal erodado y restos de organismos que viven en el arrecife o sobre el frente de plataforma.
Brecha no deposicional (Resultado de disolución in situ)	Brecha de caliche: Brecha formada por brechificación in-situ en climas áridos y semi áridos, controlados por procesos de formación de suelo, y conectados con fuerte meteorización, erosión, solución y contracción Brecha de solución-evaporita-colapso: Brecha formada por colapso de capas, posterior a remover el material soluble dentro de las capas como evaporitas Brecha fisura-relleno: Brecha formada dentro diques neptunianos submarinos (dique sedimentario formado por relleno en fisura submarina) o fisuras sub aéreas rellenas y fisuras de karst.
Brechas tectónicas (Resultado de la dislocación interna de rocas carbonatadas)	Brecha interna: Brecha formada por ruptura y fracturamiento de carbonatos cerca de la superficie de deposición. Estas brechas son producto de la dilatación de calizas ligeramente litificadas causadas por tectónica (ej. Fracturamiento hidráulico, terremotos). Las brechas internas ocurren en plataformas carbonatadas, las cuales son brechificadas poco después de la deposición y antes de que acabe el proceso de litificación. Brecha de cizalla: Brecha causada por la deformación frágil asociada con cabalgamiento y deslizamiento
Brechas diagénéticas (Resultado de procesos tempranos diagénéticos)	Pseudo brecha: Caliza abigarrada y dolomitas con texturas similares a brechas causadas por recristalización y cementos en parches, posiblemente controlada por la distribución de componentes orgánicos. Estilo brecha: Brecha en la cual los fragmentos son limitados por estilolitos. Causadas por fracturamiento de las rocas carbonatadas, acompañada por solución por presión entre los fragmentos de la brecha

Figura 11. Principales tipos de brechas carbonatadas Nota: Adaptado de Flügel, (2004). *Microfacies of Carbonate Rocks*. New York, Estados Unidos: Springer. p. 234.

6.6. Plataformas siliciclásticas

Las plataformas siliciclásticas se caracterizan por la presencia de mares someros, generalmente muy extensos y relacionados con ambientes costeros, en donde el oleaje empieza a interactuar con el fondo. Estas plataformas se dividen en dos, de acuerdo a si se asocian a márgenes continentales o a cuencas interiores. (Dabrio, J.C, 2010).

Actualmente se reconocen dos tipos de mares someros:

Los *marginales o pericontinentales*: ubicados en plataformas continentales relativamente estrechas que rodean los continentes y cuyo aporte de sedimento depende de si se localiza en un margen pasivo, asociadas a rifting, en donde el aporte viene del drenaje del bloque continental fracturado; o en un margen convergente, cuya subsidencia debe al apilamiento de unidades tectónicas, de las cuales procede la mayor parte de sedimentos.

Los *epeíricos o epicontinentales*: localizados en ciertas áreas inundadas de los continentes y que, en la mayoría de los casos, corresponden a brazos o pasadizos de mar parcialmente confinados.

La sedimentación en este tipo de mares someros está condicionada por diversos factores resumidos en la figura 12. El mayor aporte de sedimentos procede de los ríos, frente a las desembocaduras fluviales y en los prodeltas distales. Además, en las zonas transgresivas, el sedimento procede esencialmente de la destrucción del shoreface, acumulado en la plataforma interna. La distribución de facies sedimentarias arenosas, lutíticas y mixtas está controlada por la descarga fluvial, el aporte de sedimento, las corrientes ascendentes y el retrabajado físico y orgánico. (Dabrio, J.C, 2010).

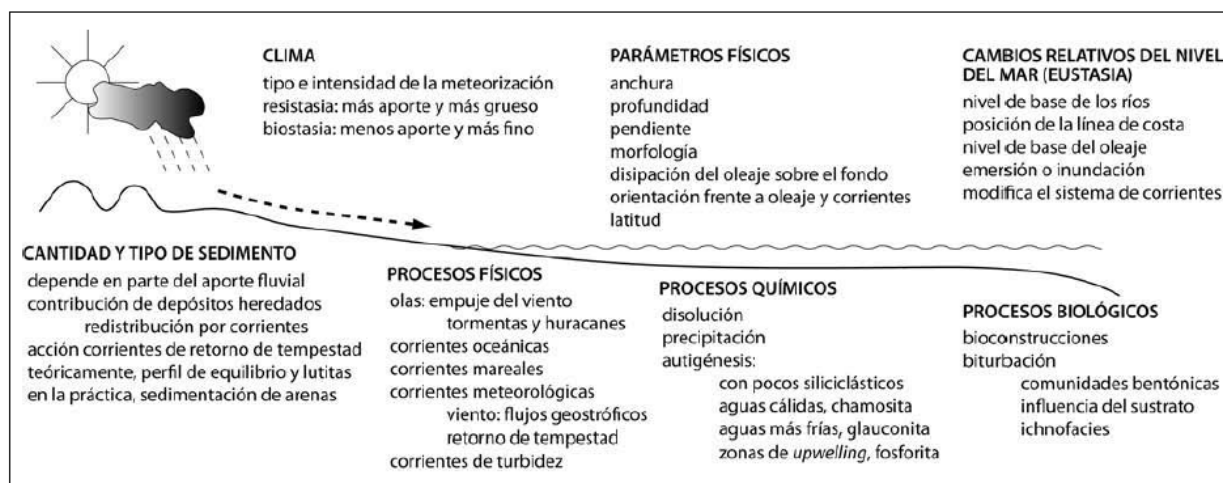


Figura 12. Factores que controlan la sedimentación en la plataforma. Nota: Adaptado de Dabrio, J.C. (2010).

La acción de los agentes dinámicos como olas y corrientes provoca desplazamientos de masas de agua que modifican las condiciones fisicoquímicas, mueven y erosionan el sedimento. Sin embargo, su capacidad de actuación depende de la morfología del fondo, la cual puede ser desde llana con pendientes suaves o elevadas; o irregular al presentar bajíos, islas y valles de origen fluvial, excavados en épocas de nivel del mar más bajo. Como formas de fondo se encuentran ripples de oscilación, barras de arenas, sand waves y diversos rasgos erosivos. (Dabrio, J.C, 2010).

Dentro de los *procesos químicos*, se destaca la precipitación de minerales autigénicos, es decir, formados en el propio ambiente, como carbonato, sílice e hidróxidos de hierro y manganeso, la cementación, entre otros.

Los *cambios del nivel del mar* se pueden dar por origen glacial, tectónico (local o regional que modifica el nivel de base de los ríos) o debidos a subsidencia por compactación y explosión de fluidos. Dichos cambios son muy variables y afecta profundamente la sedimentación, ya que

controla la emersión o la inundación de parte de la plataforma, sometiéndola o resguardándola de la erosión, cambia la distribución y extensión de los ambientes sedimentarios llevando sedimentos terrestres a zonas anteriormente sumergidas y viceversa, regula el nivel de base de los ríos y, con ello, su capacidad de transporte y su dinámica general como suministradores de sedimento; también modifica el nivel de base del oleaje y las corrientes y sus posibilidades de actuar sobre el fondo; traducido en cambios litológicos. (Dabrio, J.C, 2010).

Normalmente el fondo de los mares someros está sometido a una intensa bioturbación que, con frecuencia (pero no siempre) borra la estructura original del sedimento.

7. Antecedentes de la Formación Tiburón

Esta unidad fue descrita originalmente por Merrit (como se citó en Dickey, 1941), como parte de las sedimentitas pre - Cretácicas del norte de Bucaramanga, denominadas como “serie” Bocas y “serie” Suratá. Posteriormente las rocas de la “serie” Suratá fueron estudiadas por Trumpy, (1943); este autor estudió la fauna y flora que dio como resultado una datación del Carbonífero, debido a la presencia de Crinoideos. Además, describió esta secuencia como invertida buzando hacia el W, hipótesis contraria a la propuesta de Navas, (1962), la cual describe la “serie” Suratá como una sucesión normal, buzando y ascendiendo hacia el E y limitada por dos fallas (falla Bucaramanga – Santa Marta y falla del Suarez); también menciona que la “serie” es heterogénea ya que se encuentra compuesta de tres conjuntos: uno basal de areniscas rojas y cuarcitas, uno medio calcáreo y uno superior margoso.

El nombre de Formación Tiburón fue dado por Ward., et. al (1973) y la sección tipo fue levantada por Castro a lo largo del río Suratá, parcialmente a lo largo de la carretera

Bucaramanga – Suratá y en la cantera de calizas de cementos CEMEX. El Instituto de Asuntos Nucleares, (1976) describe la Formación Tiburón a la base, en el puente de la antigua carretera Bucaramanga, sobre el río Suratá, como conglomerados de caliza intercalados con margas grises; en la parte media, como una secuencia de shales, limolitas pizarrosas, algunas areniscas de grano fino a medio, margas y calizas con nódulos; en la parte superior niveles margosos y areniscas. A diferencia de la discordancia marcada entre la Formación Diamante y Tiburón por Ward, et al (1973), este informa resalta la continuidad litofacial, que no representa un cambio brusco en la sedimentación de las dos unidades. Por otro lado, Rabe (1974) resalta el origen de la La Formación Tiburón durante el Triásico, producto de la erosión de la Formación Diamante por los movimientos epirogénicos ocurridos al final del Paleozoico.

Los últimos estudios realizados a esta Formación fueron elaborados en trabajos de grado de la Universidad Industrial de Santander, como es el caso de Arias y Gómez (1993), en el cual se caracteriza la Formación Tiburón como unidad conformada principalmente por conglomerados calcáreos subredondeados que varían su tamaño desde gránulos a cantos dentro de una matriz calcárea y de tonalidades grisáceas. También se presenta un análisis sedimentológico para poder conocer la proveniencia y modelo de deposición de la unidad; con el cual se determina un ambiente continental de tipo abanico aluvial en una cuenca tectónicamente activa de fallamiento. Por último, el estudio de Gonzales y Lázaro (1994) indica la presencia de limolitas calcáreas rojas en la base de la Formación Tiburón en contacto discordante con el miembro superior de la Formación Diamante; en este trabajo también diferencian mediante análisis de espectros infrarrojos, las limolitas y areniscas de grano muy fino ligeramente calcárea de la formación Tiburón con las limolitas de la Formación Diamante y Floresta, dando como resultado una mayor presencia del radical CO_3 en la litología de la Formación Tiburón.



En conclusión, existen aproximadamente seis trabajos anteriores como los que se muestran en la tabla 1, siendo el más reciente de 1994; ninguno de estos, cuenta con estudios estratigráficos y sedimentológicos detallados, que permitan caracterizar en su totalidad la diversidad litológica de la unidad, con sus respectivos límites y un correcto análisis facial, para el establecimiento del ambiente deposicional de la Formación Tiburón

Tabla 1. *Tabla comparativa de las descripciones litológicas de la Formación Tiburón*

Navas (1962)	Castro (como se citó en Ward, et.al, 1973)	Rabe, E.H. (1974)	Instituto de Asuntos Nucleares (1976)	Arias y Gómez (1993)	González y Lázaro (1994)
La descripción de la Formación Tiburón corresponde al tercer nivel de conjunto medio calcáreo de la serie Suratá. Está conformado por una serie de calizas conglomeráticas con cantos calcáreos de un color más oscuro de la masa de caliza y con un diámetro que oscila entre 1 – 10 cm; en algunas localidades se presentan esporádicamente cantos de cuarzo, lutita, caliza fosilífera con cemento de hierro y chert. Hacia el techo se encuentra una capa de margas de color rojizo que separa del nivel subyacente.	De techo a base: - Conglomerado gris, duro, con guijos de caliza gris, algunos de dolomita y pocos de arenisca, empotrados en una matriz de caliza cristalina. - Limolita gris oscura, de dureza media, calcárea, arcillosa. - Caliza gris oscura, dura, ligeramente arcillosa, cristalina; 5 m de conglomerado duro con guijos de caliza gris cerca de la mitad - Limolita gris clara, de dureza media, arcillosa, calcárea, ligeramente micácea, conglomerática cerca de la base, con guijos de caliza; en la parte media hay lentes irregulares de conglomerados. - Conglomerado gris oscuro, duro, masivo, con guijos de caliza, pocos de dolomita, arenisca y muy pocos cherts, en matriz de caliza cristalina gris claro.	Denomina a la Formación Tiburón, localizada en la Quebrada Ceylán como: “Kalk konglomerat”; la delimita a su base con “Buntes Mergel” y al techo con “Buntes konglomerat”. Debido a que las margas ubicadas a la base del Kalk konglomerat, no se pueden distinguir de la matriz arenosa calcárea de los conglomerados; la superficie de estratificación inferior es descrita como gradacional.	Se describe la Formación Tiburón como una secuencia que comienza con unos 60 m de conglomerados que van desde cantos a guijarros de calizas grises y rojas, cantos de chert negro y en menor proporción de arenisca; en una matriz arcillo-arenosa calcárea fuertemente compacta. Estos conglomerados se encuentran intercalados con débiles capas de margas grises. La parte media está constituida por unos 170 m aproximadamente de shale y limolitas pizarrosas, algunas areniscas de grano fino a medio grises, también margas grises y calizas con nódulos o acumulaciones silíceas negras. La parte superior presenta niveles margosos, calizas y areniscas	Presentan toda la secuencia estratigráfica como una intercalación entre: - <i>Facies de calcirudita</i> : Comprende calciruditas gruesas y muy gruesas clasto soportadas, de color gris, compactas y duras; presentan material intersticial arenoso calcáreo de color gris. El armazón está constituido por guijos subangulares a sub redondeados de caliza gris oscura; algunos de los cuales son fosilíferos. El cemento es calcáreo - <i>Facies de calcarenitas</i> : Comprenden calcarenitas finas a muy finas de color gris y gris rojizo.	No presenta una secuencia como tal, sino nombra las litologías observadas en campo como: arenisca de grano fino con cemento calcáreo, de colores gris a rosado; limolita calcárea roja; conglomerados calcáreos grises y rojos con guijos de caliza principalmente, y las intercalaciones de micrita intra clástica gris oscuro.

8.Marco geológico

El mapa geológico fue el resultado de la fase de campo, en el cual se pueden reconocer las unidades aflorantes en la zona de estudio con sus respectivos límites y las diferentes estructuras causadas por la tectónica de la falla. En este mapa se evidencian las estaciones de campo, representadas por estrellas, en donde se recolectaron muestra, los trazos de los cortes estructurales y las vías de acceso utilizadas en la campaña de campo.

MAPA GEOLÓGICO

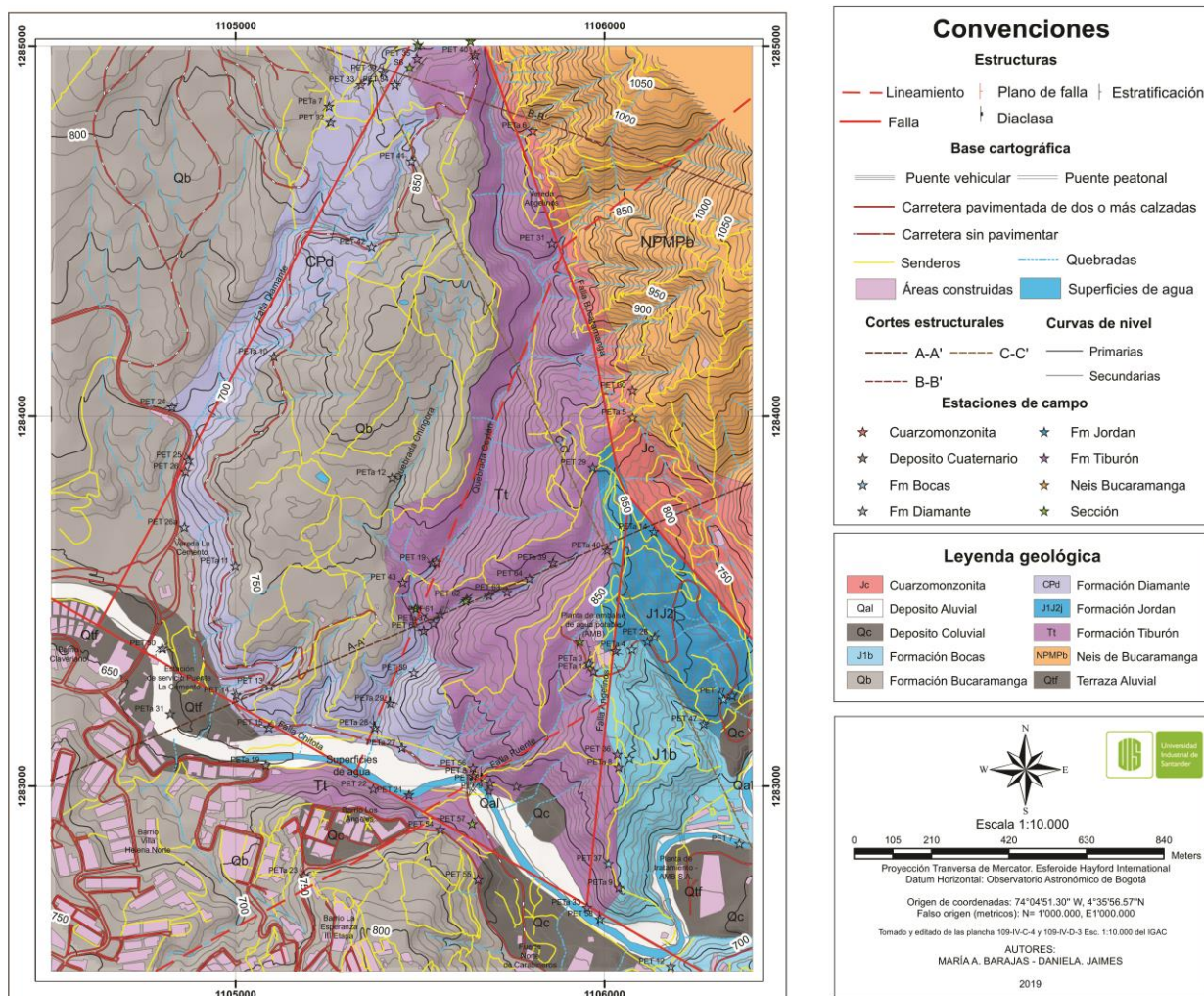


Figura 13. Mapa geológico a escala 1:10.000 de la zona de estudio

8.1 Unidades geológicas

En este capítulo se describen, mediante las observaciones de campo, las unidades aflorantes en la zona de estudio, empezando con las más antiguas y por ultimo las más recientes.

8.1.1 Rocas metamórficas. La única metamórfica aflorante en la zona corresponde al Neis de Bucaramanga.

8.1.1.1 Neis de Bucaramanga (NPMPb)

8.1.1.1.1 Localización. La unidad se encuentra aflorando en la esquina noreste de la zona de estudio del presente trabajo, en la vía que conduce de la vereda Angelinos a Magueyes y el sendero que conduce a la vereda Angelinos a la quebrada Ceylán.

8.1.1.1.2 Proponentes del nombre. Esta unidad fue denominada por Ward et al. (1973) para describir rocas alto grado metamórfico como paraneis pelítico, semipelítico y arenoso; esquistos, neis calcáreo, mármol, neis horbléndico y anfibolita.

8.1.1.1.3 Descripción geológica. En la zona de estudio en, afloran neises biotíticos y cuarzo - feldespáticos con textura granolepidoblástica (ver figura 14), granate y clorita; también se encuentran anfibolitas de grano fino sin piroxenos.

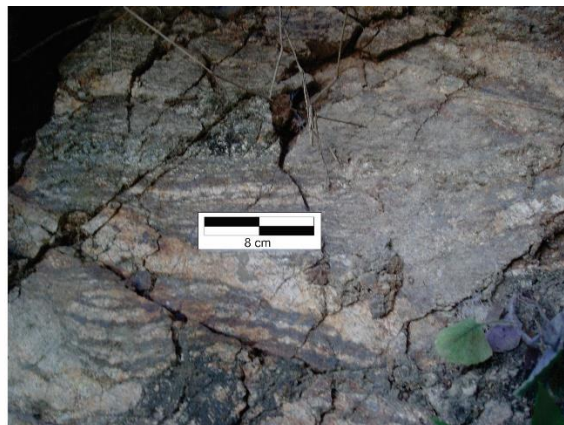


Figura 14. Afloramiento ubicado en el carreteable que conecta la vereda Angelinos con la vereda Maguyes de Neis biótico, se observa la estructura Neisica con bandas de cuarzo, feldespato y biotita. Coordenadas: Y: 1°28'51.50", X: 74°10'6.147" Z: 883 msnm

8.1.1.1.4 Contactos. El Neis se encuentra en contacto intrusivo con la Cuarzomonzonita.

8.1.1.1.5 Edad. De acuerdo a las dataciones realizadas en Ward et al. (1973), la unidad data desde el Neoproterozoico - Paleoproterozoico (945 ± 40 m.a), correspondiendo al evento de la orogenia Grenvilliana

8.1.2 Rocas ígneas. La única unidad ígnea aflorante en la zona corresponde a la Cuarzomonzonita, la cual forma parte del batolito de Rio Negro.

8.1.2.1 Cuarzomonzonita (Jc).

8.1.2.1.1 Localización. Aflora mediante una franja de dirección NW , la cual se adelgaza hacia el SE al oriente de la zona en la vía Bucaramanga - Bosconia, esta franja se encuentra limitada por la Falla Bucaramanga.

8.1.2.1.2 Proponentes del nombre. Esta unidad fue denominada por primera vez por Ward et al. (1973) para referirse a la principal facies del Batolito de Rionegro. Esta unidad fue renombrada posteriormente por Royero y Clavijo (2001) como Unidad Intrusiva Cuarzomonzonita

8.1.2.1.3 Descripción geológica. Esta unidad se caracterizó composicionalmente como monzogranito de tonalidades blancas rosáceas (10YR 8/6), con más del 50% cuarzo, y en menor proporción feldespato potásico y plagioclasa. El tamaño de los granos va de medio a grueso, la textura es fanerítica e inequigranular seriada. Hacia el sur de la franja cristalina en donde aflora la unidad, el contenido de feldespato potásico disminuye exponencialmente, correspondiendo

composicionalmente en esta zona a sienogranito, con cristales subidiomorfos de cuarzo y feldespato potásico y xenomorfos de plagioclasa.

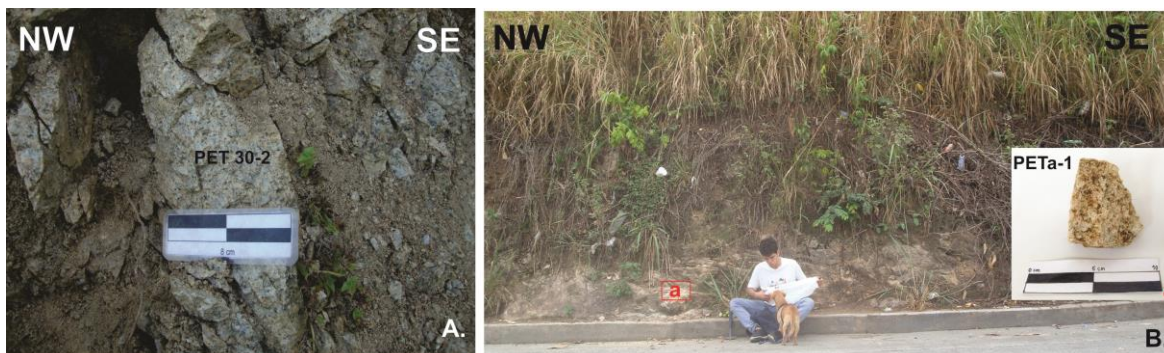


Figura 15. A. Presencia de sienogranito, localizado hacia el sur de la franja ígnea de la Unidad Cuarzomonzonita, que se presenta en la zona de estudio. Coordenadas: X: 1'106.076, Y: 1'284.076. B. Monzogranito, ubicado en la vía Bucaramanga – Bosconia, al frente de la tienda Los Almendros Coordenadas: X: 1'106.653, Y: 1'283.031. Como se puede observar el contenido de feldespato potásico aumenta hacia el sur por lo que se da el cambio de monzogranito a sienogranito.

8.1.2.1.3 Contactos. Al E se encuentra en contacto intrusivo con el Neis de Bucaramanga y al W el contacto con las formaciones Tiburón y Jordán está afectado por la tectónica de la zona

8.1.2.1.4 Edad. Las dataciones radiométricas efectuadas en Goldsmith et al. (1971) a una muestra de cuarzomonzonita arrojan una edad entre 172 ± 7 y 195 ± 7 m.a, que indica una edad del Jurásico inferior a medio.

8.1.3 Rocas sedimentarias. Dentro de las unidades sedimentarias aflorante en la zona se encuentra, de más antigua a más joven, las formaciones Diamante, Tiburón, Bocas, Jordán y Bucaramanga.

8.1.3.1 Formación Diamante (CPd).

8.1.3.1.1 Localización. Esta unidad se encuentra aflorando principalmente en la cantera de caliza de cementos CEMEX, a lo largo de todo el carreteable que de la Vereda Angelinos – Magueyes conduce al Puente Hierro sobre el Río Surata y parte por la carretera principal de Bucaramanga a Rionegro, desde la entrada a la Cantera hasta la glorieta la cemento.

8.1.3.1.2 Proponentes del nombre. Esta unidad fue originalmente descrita por Merrit en Dickey (1941) como parte de la unidad estratigráfica, denominada por él como Serie Suratá; esta unidad es posteriormente estudiada y dividida por Navas (1962) en cuatro partes; la inferior y medias correspondientes a lo que más adelante en Ward et al. (1973) se denomina Formación Diamante

8.1.3.1.3 Sección tipo. La sección tipo medida y descrita por Ward et al. (1973) , se encuentra compuesta por dos localidades, una parte en las canteras de caliza de cementos CEMEX, que es de donde se deriva el nombre de la Formación, y a lo largo de la carretera Bucaramanga – Río Negro, donde se extiende a lo largo del lado oriental de la Quebrada la Mona, por una distancia aproximada de 2 kilómetros

8.1.3.1.4 Descripción geológica: Las litologías encontradas en la fase de campo del presente trabajo de la Formación Diamante en la cantera de cementos CEMEX, corresponden a una secuencia de sublitoarenita, cuarzo arenita y Litoarenita feldespática de grano muy fino a fino, lodosas y limosas, silíceas, de tonalidades verdes (5G 6/6) principalmente, gris muy claro (N8) y naranja oscuro amarillento (10YR 6/6). En esta zona también se encuentran sublitoarenitas muy finas lodosas, limosas, limolitas arenosas, silíceas de color marrón moderadamente rojizo (5YR 4/4), y rojo moderado (5R 4/6). Estas arenas mencionadas anteriormente, se encuentran

cabalgando calizas cristalinas grises del miembro superior, producto de la acción de la Falla Diamante propuesta en esta zona.

Petrográficamente las calizas del miembro superior corresponden a Micrita Fosilífera (II) con 2% de bioclastos tamaño arena fina y media correspondientes a restos de conchas, los cuales se encuentran flotando en micrita (80%), con 15% de espar y 3% de porosidad tanto primaria como secundaria (ver apéndice J)

Por la carretera principal, vía a la costa y el carreteable paralelo que conduce a la parte trasera de la cantera de cementos CEMEX, se identifican litologías, pertenecientes a areniscas muy finas lodosas y limosas, entre silíceas y ligeramente calcáreas, de color naranja muy pálido (10YR 8/2), marrón moderadamente rojizo (5YR 4/4), verde claro (5G 7/4), con composiciones de cuarzo arenita, sub arcosa, sublitoarenita y litoarenita feldespática; las cuales hacia el sur se ven acompañadas por micritas de color gris oscuro, marrón pálido y gris medio.

8.1.3.1.5 Límites estratigráficos. En la cantera de cemento CEMEX se identificó que el contacto discordante angular entre las calizas del miembro superior de la formación y las micritas arenosas de la Formación Tiburón.

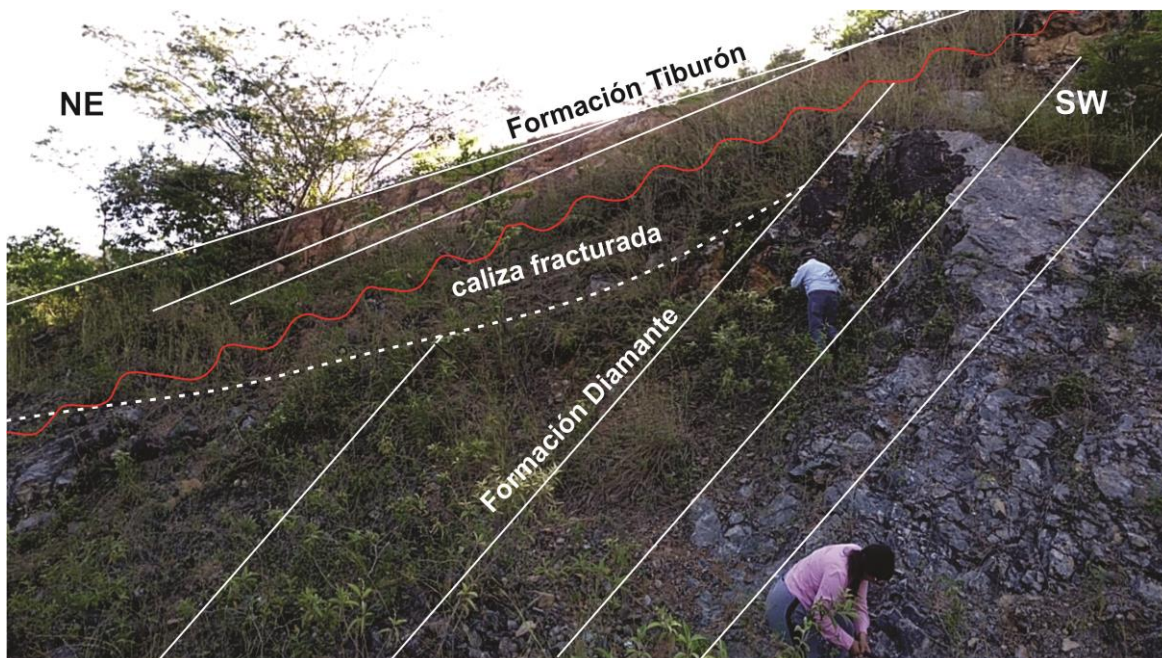


Figura 16. Contacto discordante angular (línea ondulada roja) entre la Formación Diamante y Tiburón. Las líneas blancas corresponden a la orientación de las capas. Coordenadas X: 1°105.494, Y: 1°285.000.

8.1.3.1.6 Espesor. El espesor medido en la sección tipo por Ward et al. (1973) es de 440 m, sin embargo, en estudios posteriores, como el de González y Lázaro (1994), se calcula un espesor total de 570.8 m.

8.1.3.1.7 Ambiente de deposición. De acuerdo con la interpretación ambiental realizada por González y Lázaro (1994), Los sedimentos de la Formación Diamante se depositaron en una plataforma mariana abierta de mar somero con canales mareales.

8.1.3.1.8 Edad. Las edades asignadas van desde el Pensilvaniano Medio al Pérmico Medio, de acuerdo, al contenido fósil de: Braquiopodos, crinoideos, equinoideos, pelecípodos, corales tabulares, foraminíferos, briozoarios y tubos de gusanos, recolectados e identificados por paleontólogos del U.S Geological Survey (como se citó en Ward., et. al 1973)

8.1.3.2 Formación Tiburón (Tt).

8.1.3.2.1 Localización. Se encuentra aflorando como una franja que atraviesa toda el área de estudio en dirección NNW-SSE, en las inmediaciones de la vereda Angelinos, planta de tratamiento de agua potable AMB- vereda Angelinos y río Suratá

8.1.3.2.2 Proponentes del nombre. Esta unidad fue originalmente descrita por Merrit en Dickey (1941) como parte de la denominada Serie Suratá; posteriormente es nombrada como Formación Tiburón por Ward et al. (1973)

8.1.3.2.3 Sección tipo. Fue descrita por Castro (1968) en Ward et al. (1973) a lo largo del lado sur del río Suratá, y parcialmente en la vía Bucaramanga- Matanza.

Arias y Gómez (1994) en su trabajo ubican la sección tipo a lo largo del sector sur del río Suratá, en el escarpe que bordea al barrio La Esperanza III etapa y a lo largo de la carretera Bucaramanga Matanza

8.1.3.2.4 Descripción geológica: La descripción y localidades donde aflora esta unidad se mencionarán a fondo en los siguientes capítulos del presente trabajo, pero a manera de resumen

8.1.3.2.5 Límites estratigráficos. El contacto con la infrayacente Formación Diamante es discordante angular, evidenciado por el cambio de orientación entre las capas de la Formación Tiburón y las capas de la Formación Diamante, en la parte superior de la cantera de cementos CEMEX en el Norte de Bucaramanga. (ver figura 17)

El contacto con las suprayacentes areniscas verdosas de la Formación Bocas y las micritas arenosas de la Formación Tiburón se encuentra afectado estructuralmente y se evidencia en la planta de tratamiento de agua potable AMB – vereda Angelinos

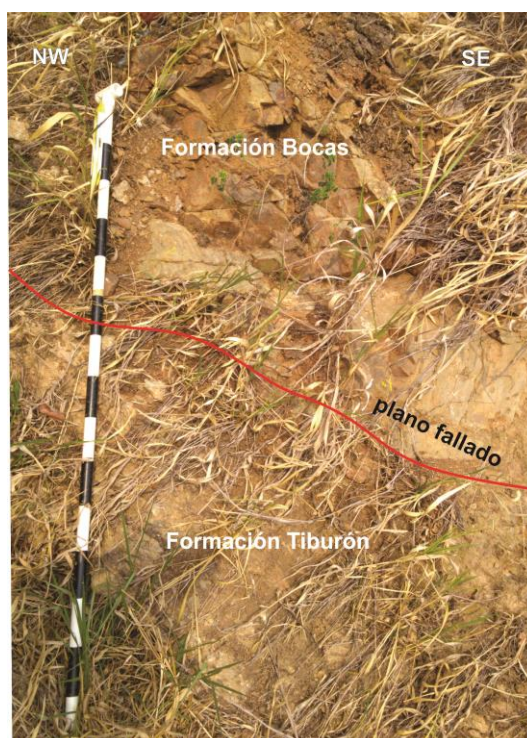


Figura 17. Contacto la Formación Tiburón y la Formación Bocas tectónicamente afectado, este contacto se encuentra en la sección planta AMB-Angelinos. Coordenadas X: 1°105.960, Y: 1°283.324

8.1.3.2.6 Espesor: Con respecto a las cuatro columnas estratigráficas levantadas en el presente trabajo, la formación Tiburón presenta un espesor aproximado de 448 m, el cual concuerda con el estimado en Ward et al. (1973)

8.1.3.2.7 Ambiente de deposición. Según el análisis facial realizado en el presente estudio, los sedimentos de la unidad se depositaron en una plataforma siliclástica somera de un mar epicontinental confinado, esta propuesta ambiental se desglosa en el capítulo de ambiente de deposición

8.1.3.2.8 Edad. Basándose en la edad de los fósiles encontrados en los guijos de calizas estudiados por R. C Douglass del U.S Geological Survey en Ward et al. (1973), la Formación Tiburón es más joven que el Pérmico, asignándole una edad Triásica.

8.1.3.3 Formación Bocas (J1b).

8.1.3.3.1 Localización. La unidad se encuentra aflorando en la esquina suroriental de la zona de estudio por la vía Bucaramanga – Matanza en el sector del barrio Santos Bajos, al este del fuerte Norte de carabineros, y en el cerro la Esperanza donde se encuentra la planta de tratamiento de agua potable de la vereda Angelinos al noroeste de la vereda Chitota.

8.1.3.3.2 Proponentes del nombre. Esta formación fue denominada por primera vez como “Bocas Series” por Merrit en Dickey (1941) para referirse la parte superior poco fosilífera de la “serie paleozoica” que aflora entre Puente Tierra y la localidad de Bocas.

8.1.3.3.3 Sección tipo. Según Ward et al. (1973) La parte inferior media de la sección estratigráfica tipo de esta formación se encuentra a lo largo de la carretera Bucaramanga Rionegro, desde la calera-San Luis a la quebrada Santa Helena, la parte superior se encuentra al sur de la localidad de Bocas; a lo largo de la carrilera hasta el contacto con su formación suprayacente, la Formación Jordán.

8.1.3.3.4 Descripción litológica: Con los datos obtenidos en campo la Formación Bocas consta de una sucesión, buzando hacia el SE (4°/25°), de litoarenitas, litoarenitas feldespáticas y conglomerados que varían entre grano muy fino a muy grueso ligeramente granular, mal a moderadamente calibradas, de tonalidades pardas y amarillas verdosas (5Y 7/6), poco cementadas por carbonatos; limolitas arenosas compactas cementadas por carbonatos de tonalidades olivas (5Y 2/1).

En la vía que conduce el fuerte norte de Carabineros al barrio Santos Bajos, aflora un cuerpo riolítico atribuido a la parte media de la Formación Bocas (Ver apéndice E- muestra PET 3

En el escarpe oriental de la cuchilla angelinos se encuentra el tope de la formación, el cual consta de Litoarenitas feldespáticas que van de tamaño muy fino a medias verdosas, Litoarenitas ligera a conglomeráticas matriz soportadas con fragmentos volcánicos y metamorficos hasta tamaño guijo (ver apéndice J) y limolitas arenosas moderadamente a mal calibradas de tonalidades olivas grisáceos (10GY 5/2; cementadas tanto por carbonatos como por sílice.

En la orilla del río Surata detrás de la planta de tratamiento de agua de la vereda Bosconia, en el patio de una finca por el sendero del hostel Chitota, se encuentran cuerpos aislados de basaltos toleíticos con amígdalas de calcita (PET 7).

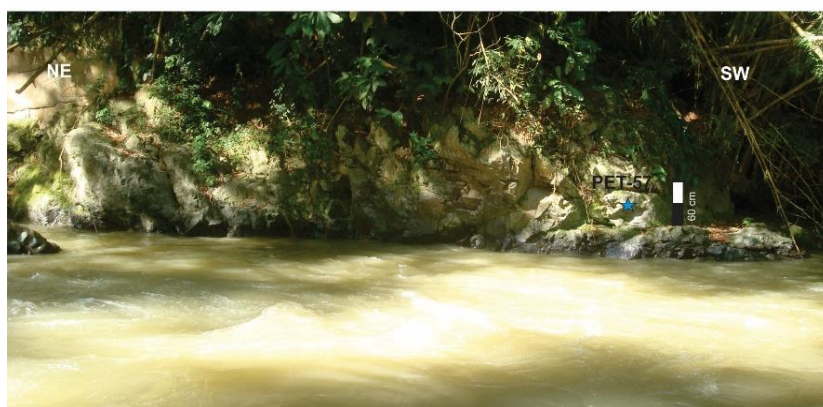


Figura 18. Afloramiento ubicado en la orilla del río Suratá, en donde se evidencian basaltos toleíticos. Coordenadas: Y: 1'282 844, X:1'106 366 Z:699 msnm

8.1.3.3.5 Límites estratigráficos. El contacto entre La Formación Bocas con las infrayacente Formación Tiburón se encuentra afectado tectónicamente, al igual que con la suprayacente Formación Jordán, los contactos se evidencia en la planta de tratamiento de agua potable vereda Angelinos AMB y se reafirman en el corte estructural C-C'.

8.1.3.3.6 Espesor. En la sección tipo descrita en Ward et al. (1973) el espesor medido fue de aproximadamente 590 metros.

8.1.3.3.7 Ambiente de depositación. La Formación Bocas incluye sedimentos continentales que reflejan también condiciones de medios marinos marginales (parálicas) y salobres (Toussaint,1995).

8.1.3.3.8 Edad. Remy et al. (1975) encontró en estratos de la parte inferior de la Formación Bocas la presencia de un género de helechos extintos (*phlebopteris branneri (White)*) que se presentaban principalmente en el Jurásico inferior a medio. De acuerdo con los criterios estratigráficos y a la fauna estudiada de esta Formación (óstracos), Ward., et. al (1973) le asigna una edad Triásica.

8.1.3.4 Formación Jordán (J1J2j).

8.1.3.4.1 Localización. Esta unidad se encuentra aflorando, a lo largo de toda la carretera que del barrio Chitota - sector Bosconia, conduce a la planta de tratamiento de agua potable vereda angelinos AMB.

8.1.3.4.2 Proponentes del nombre. Definida por Cediél (1968) para referir a una unidad con depósitos volcanoclásticos al tope.

8.1.3.4.3 Sección tipo. La Formación Jordán fue inicialmente descrita por Cediél (1968) en la localidad tipo definida en el Camino del Roto, el cual conduce hasta el pueblo de Jordán, sobre el escarpe S de la Mesa de los Santos

8.1.3.4.4 Descripción. En un principio fue dividida por Cediél (1968) en dos grupos; el primero por areniscas de grano grueso, de color gris verdoso, esporádicamente intercaladas con lutitas verdosas y hacia el techo limolitas y areniscas de grano muy fino de color marrón rojizo, con dos bancos de tobas ácidas hacia la mitad superior de este conjunto.

La litología en la planta de tratamiento de agua potable AMB para la Vereda Angelinos se caracteriza por conglomerados de tonalidad rojo moderado, con presencia de gránulos, guijos y guijarros hasta de 16 cm, principalmente de rocas ígneas afaníticas, otros de cuarzo y algunos hasta de filita verdosa, dicha litología se presenta de manera caótica en contacto con Areniscas finas conglomeráticas y areniscas muy fina limosa, silíceas, de color verde y rojizas respectivamente y clasificadas composicionalmente como litoarenita feldespática y arcosa lítica. Lateralmente se observan, capas tabulares interestratificadas de areniscas tobáceas similares a las que se reportan en el trabajo de Suarez y Diaz (2016); y Areniscas finas, feldespáticas de color marrón oscuro rojizo (10R 3/4), ligeramente calcáreas. Otro hecho importante es la presencia de una toba vítrea cristalina, confirmada mediante su análisis petrográfico y la cual se encuentra cubriendo parte de todas las litologías descritas anteriormente (ver apéndice J).

El contenido gravoso disminuye hacia el sur de la unidad y en cambio se encuentran areniscas lodosas conglomerática con cemento silíceo y ferruginoso de color rojo moderado, con guijos principalmente de cuarzo y composición designada como litoarenita feldespática; estas se encuentran asociadas a areniscas muy finas silíceas de color marrón oscuro rojizo (10R 3/4) y hacia la base lodolitas arenosas ligeramente gravosas silíceas y areniscas finas ligeramente calcáreas de tonalidades verdosas.

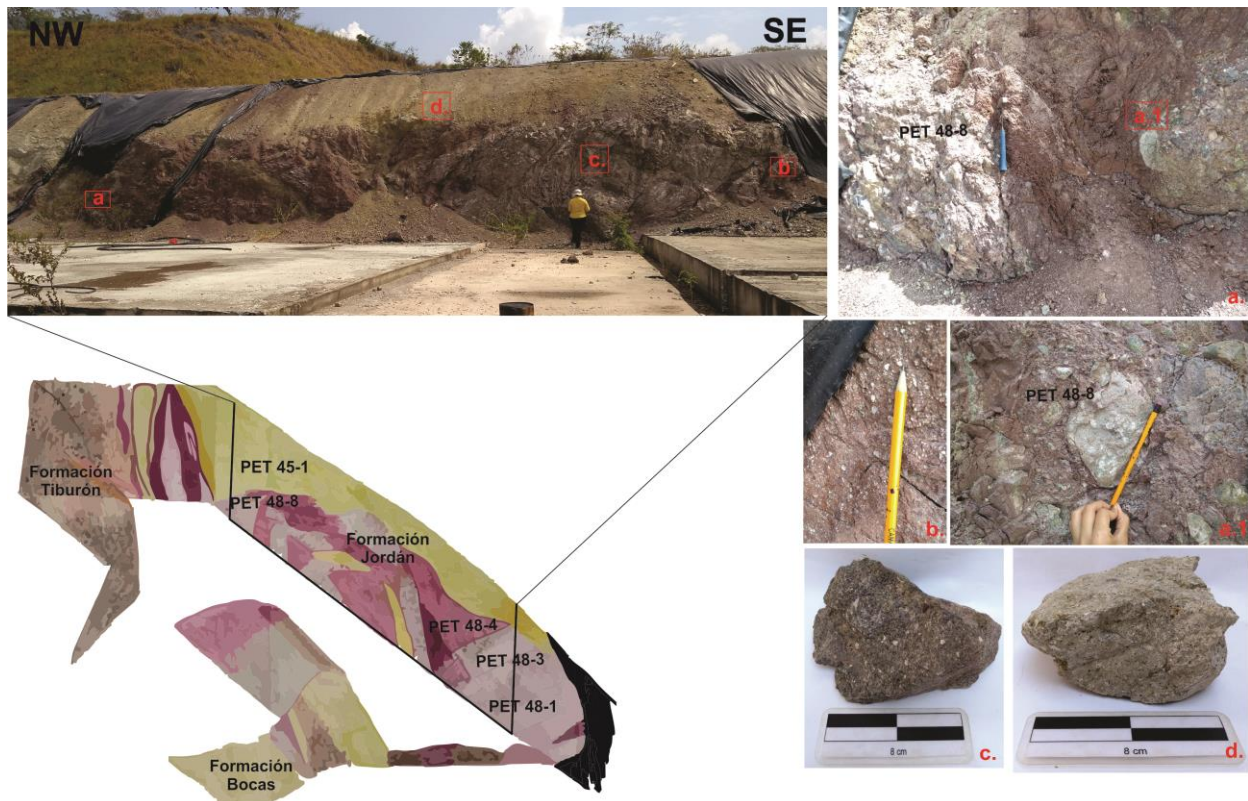


Figura 19. Esquema de la Planta de tratamiento de agua potable AMB, donde se pueden observar las Formaciones Jordán, Bocas y Tiburón. a. Apariencia del conglomerado de Jordán en contacto con arenisca fina, ambas de tonalidad rojizo b. Roca que macroscópicamente tiene una apariencia similar a la descrita por Ward., et. al (1973) de una roca ígnea rojiza, con abundantes fragmentos de cristales de feldespato blanco, la cual parece representar una ceniza volcánica soldada de la Formación Jordán al SW de Piedecuesta. c. Arenisca tobácea d. Toba vítreo-cristalina. Coordenadas X: 1°105.992 Y:1°283.419

8.1.3.4.5 Límites estratigráficos: En campo, los contactos con las Formaciones Bocas, Tiburón y la Cuarzomonzonita se encuentran afectados estructuralmente.

8.1.3.4.6 Espesor. Desde el contacto basal en el Municipio de Piedecuesta, a lo largo de un filo bajo hacia la carretera principal, son estimados 800 m. Por otro lado, hacia el tope de la colina que está situada al W de Piedecuesta, se calculan 300 m de arenisca de grano fino color marrón rojizo y limolita, en la parte superior de la Formación. En total son estimados 1100 m de

espesor, solo en Piedecuesta, que nace tan solo como una cifra tentativa, que puede variar debido a los constantes cambios de rumbo y buzamiento que ocurren debajo de la cubierta aluvial entre la sección basal y el tope (Ward., et.al, 1973)

8.1.3.4.7 Ambiente de depositación. Una primera idea sobre el ambiente de formación, de las capas rojas de Jordán, indica depósitos marinos, con una gran actividad volcánica contemporánea a la sedimentación, la cual enriqueció en óxido de hierro la unidad, formando un medio poco propicio para la vida animal, por lo que los fósiles se encuentran ausentes. (Cediel, 1968).

Posteriormente, mediante un estudio más detallado de la estratigrafía de la Formación Jordán y un análisis facial con el que arrojó un total de 55 facies entre lodosas, arenosas, conglomerática, calcáreas y volcanoclásticas; fue determinado un ambiente continental, fluvial, lacustre y volcánico. (Guerrero y Argüello, 2015)

8.1.3.4.8 Edad. Debido a la ausencia de fósiles, la edad de Jurásico inferior, definida por Ward, se basa en dos consideraciones: una de ellas por la presencia de guijos del granito de pescadero, el cual tiene una determinación radioactiva de la fase granítica, cerca del límite Triásico – Jurásico; y la otra porque se encuentra inconformemente debajo de la Formación Girón del Cretáceo inferior. (Ward., et.al, 1973)

8.1.3.5 Formación Bucaramanga (Qb). La Formación Bucaramanga ocupa la mayor parte de la zona oeste del área de estudio, caracterizada por depósitos gravosos, soportados en una matriz areno lodosa, cuya forma de los granos varía de sub redondeada a sub angular y de sub esférica a elongada, tamaños que varían de 0.5 cm hasta 50 cm, es decir, muy mal calibrada, de composición polimíctica, formando estoraques producto de la erosión que da lugar a surcos y carcavas. El contacto con las Formaciones Tiburón y Diamante, es discontinuo – discordante, ya que representan un faltante en el tiempo.

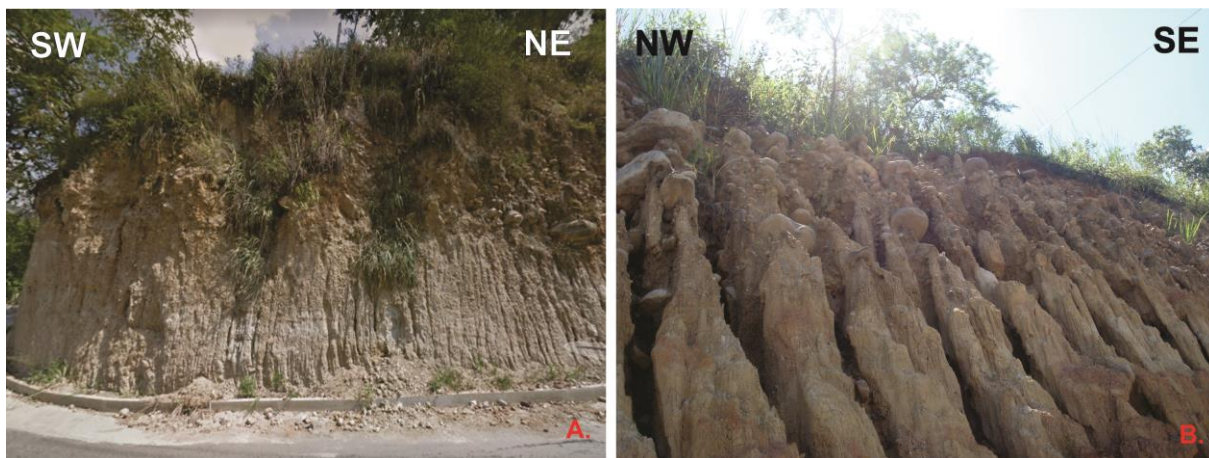


Figura 20. Depósitos gravosos muy meteorizados de la Formación Bucaramanga. A. Afloramiento en la vía Bucaramanga – Barrio Santos Bajos, de aproximadamente de 12 m de alto, en donde se muestra un cambio grano creciente de base a techo. Coordenadas X: 1°105.186 Y: 1°282.758 B. Afloramiento de la Formación Bucaramanga, en la vía a la costa, cerca del barrio Colorados. Coordenadas X: 1°104.570 Y: 1°284.256

8.1.3.6 Depósitos cuaternarios

8.1.3.6.1 *Depósitos aluviales (Qal)*. Estos depósitos corresponden a todo el material no consolidado que es transportado por el Río Suratá y que por ende se localiza por todo el cauce de este; además los clastos se observan de tamaños que van hasta bloques, de formas redondeadas a subangulares dependiendo del transporte que hayan sufrido y de litologías derivadas de las unidades adyacentes, que van desde sedimentarias, ígneas y metamórficas. Otro tipo de depósito aluvial que se presenta en el área, son terrazas aluviales (Qtf), las cuales como se muestra en el mapa geológico, representan zonas de superficie más o menos plana, ubicadas por encima del nivel máximo de las aguas del Río Suratá.

8.1.3.6.2 *Depósitos coluviales (Qc)*. A lo largo de la vía Bucaramanga – Matanza, específicamente en el Barrio Los Ángeles, en el sendero que de la estación Carabineros conduce

a puente hierro, por la Vereda Bosconia y en inmediaciones del Río Suratá; se presentan algunos depósitos coluviales, acumulados por lo general en la base de escarpes, constituidos por clastos angulares de diversos tamaños y litologías, provenientes del desprendimiento de dichos materiales por acción de la gravedad y los cuales se encuentran embebidos en una matriz arenosa gruesa

8.2 Geología estructural

El departamento de Santander se encuentra ubicado en un terreno tectónicamente dinámico relacionado con la influencia del límite entre las placas tectónicas de Nazca, Caribe y Suramericana. Según Royero y Clavijo (2001) el departamento se encuentra dividido en tres provincias tectónicas: Macizo de Santander, Valle Medio del Magdalena y Cordillera Oriental; de las cuales la zona de estudio comprende parte de la Provincia Macizo de Santander y Cordillera Oriental, al estar ubicada al Norte de la ciudad de Bucaramanga, limitada al oriente por el trazo de la falla Bucaramanga y sus correspondientes fallas satélites y paralelas.

En comparación con el diagrama Riedel, se puede decir que la falla Bucaramanga genera estructuras de compresión satélites como las fallas inversas denominadas en este trabajo: falla Diamante, y falla Angelinos, las cuales fueron cartografiadas teniendo en cuenta el control estructural de los drenajes, que muestra algunos lineamientos en dirección NE y la deflexión de drenajes principales y secundarios; algunas geoformas como lomos alineados a las fallas, ganchos de falla, escarpes de falla y facetas triangulares.

Otra falla de interés es la denominada en este trabajo como Falla Chitota, la cual fue definida inicialmente por Porta (1959) como una falla de dirección NW-SE, exhibida en la zona por el cambio brusco que realiza, tanto en el Río Suratá como el Río de Oro, atravesando fallas

importantes como lo son la Falla Bucaramanga y la Falla del Suarez, respectivamente. Finalmente, el análisis fotogeológico fue confirmado en campo mediante mediciones de diaclasas, estrías de falla y cambios bruscos en los planos de estratificación.



Figura 21. Panorámica del are de estudio mostrando las principales estructuras asociadas a la falla Bucaramanga

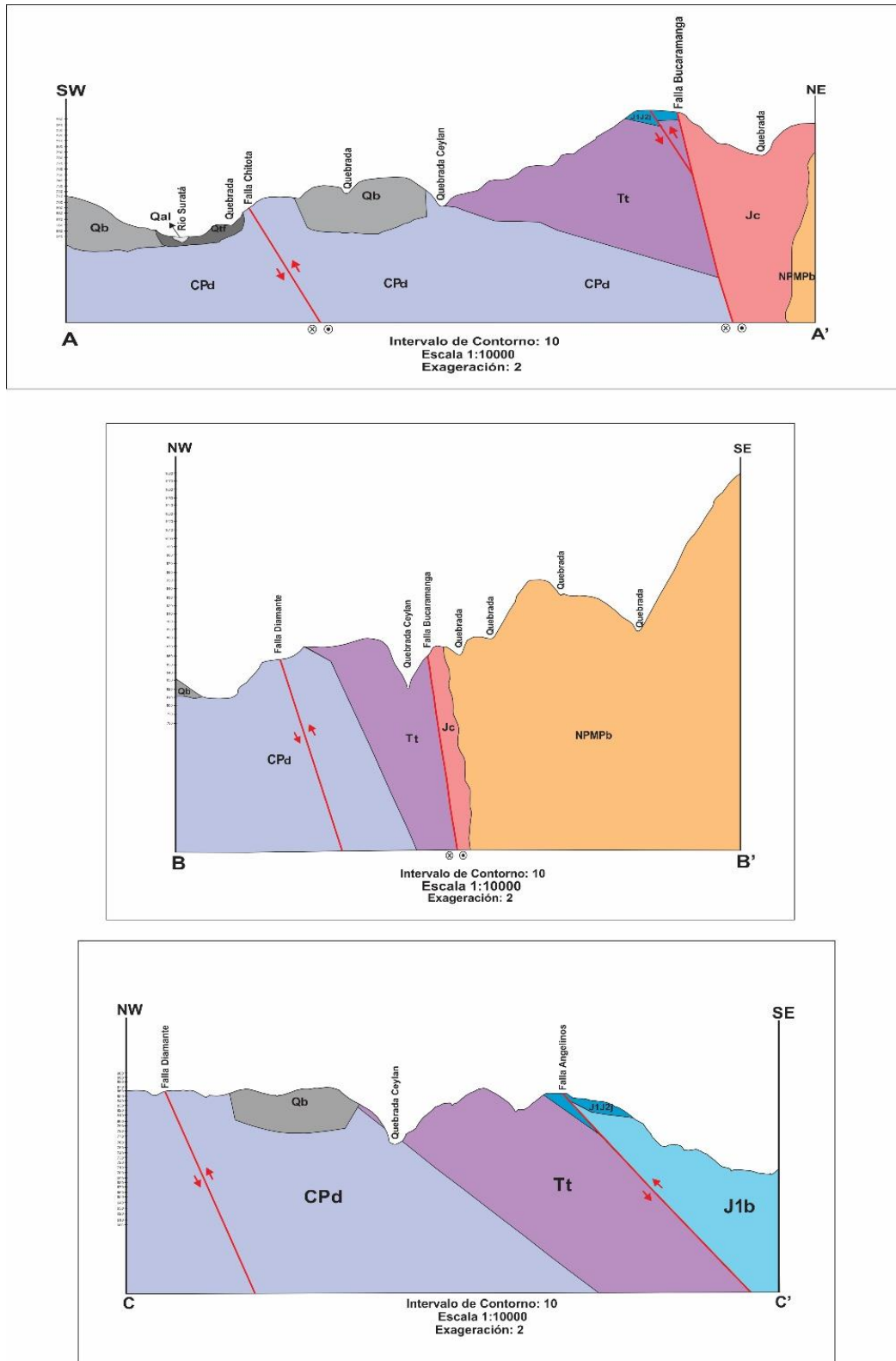


Figura 22. Cortes estructurales.

8.2.1 Falla Bucaramanga. La estructura principal de la zona corresponde al segmento más meridional del sistema de fallas Bucaramanga- Santa Marta, denominado falla Bucaramanga, la cual presenta un trazo rectilíneo recorriendo una distancia de 300 km, con una cinemática sinextral con componente inverso (Diederix, Hernández, Torres y Botero ,2008). La falla se encuentra atravesando la zona hacia el Nororiente, con orientación N20°-30°W, y poniendo en contacto rocas cristalinas del macizo de Santander con rocas sedimentarias Triásicas – Jurásicas correspondientes a las formaciones Tiburón, Bocas y Jordán.

Esta falla presenta rasgos geomorfológicos muy marcados en el área de estudio, el más evidente son los escarpes de fallas, facetas triangulares y el desvió del curso de la quebrada Ceylán.

8.2.2 Falla Chitota. Esta falla fue originalmente descrita por Porta (1959), como una falla de dirección NW-SE, la cual se encuentra afectando tanto el curso del Río de Oro como el Río Suratá. Fotogeológicamente en la zona de estudio, se observa la deflexión del Río Suratá y a su vez la desviación del eje de la cuchilla Angelinos, que ayuda a establecer el movimiento de rumbo de carácter sinextral de dicha falla, evidenciado en campo por el alto fracturamiento de las rocas y las múltiples estrías de falla medidas a lo largo del curso del Río Surata. (ver figura 23)



Figura 23. Estría de falla al borde izquierdo del Río Suratá aguas abajo. Dato del plano: N15°W/30SW, Trend: 10°, Cinemática: Sinextral – Normal. Coordenadas X: 1'105.445, Y: 1'282.983

8.2.3 Falla Angelinos. Geomorfológicamente el trazo de la falla es puesta paralela a la cuchilla Angelinos, pasando por medio de la Planta de embalse de agua potable AMB, en donde estratigráficamente se encuentran en contacto la Formación Tiburón, la Formación Bocas y la Formación Jordán; litologías las cuales se presentan altamente fracturadas, por lo que fue posible medir 16 datos de diaclasas, suficientes para el análisis estadístico en diagrama de rosas que exhibe la dirección aproximada N35°E de la falla.

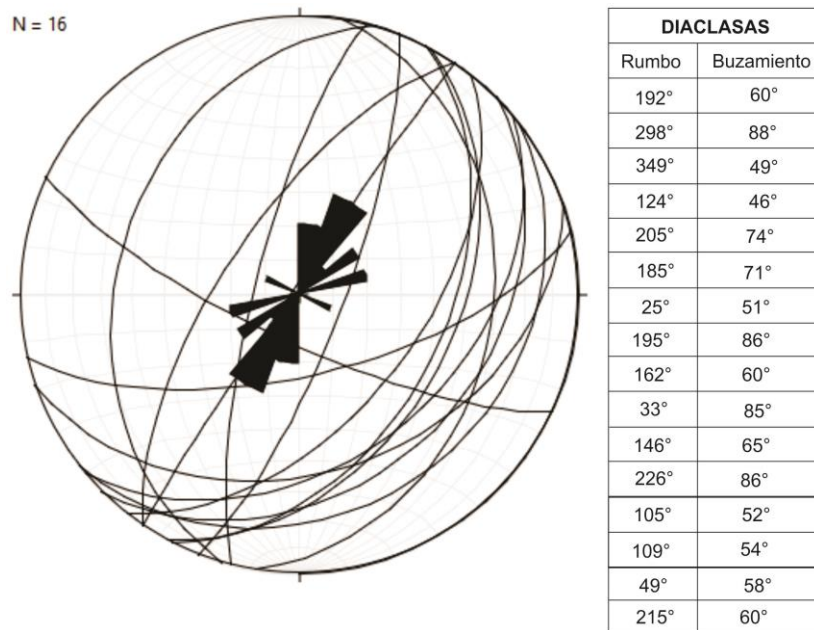


Figura 24. Diagrama de rosas realizado en la planta de tratamiento de agua potable de la vereda Angelinos, con el programa Stereonet 2.0. Coordenadas X:1'283.432, Y:1'105.962

8.2.4 Falla Diamante. Esta estructura se encuentra en la zona noroccidental, presenta una orientación NE – SW y culmina en la falla Chitota, presenta un movimiento vertical inverso y una componente de rumbo.

La correspondiente falla fue trazada mediante criterios estratigráficos y geomorfológicos respectivamente, como primer criterio en la cantera de caliza de cementos CEMEX, se evidencia el desplazamiento y cabalgamiento del miembro inferior de la Formación Diamante sobre las calizas del miembro superior, como segundo la presencia de lomos de falla en el parte central de la cantera.

En la vía Bucaramanga-Colorados a 100 m del retorno la cemento, se encuentra un afloramiento de la formación diamante en donde se puede evidencia el cambia de estratificación de las capas, verticalizándose los estratos de areniscas finas, pasando de 27°SE a 61°SW

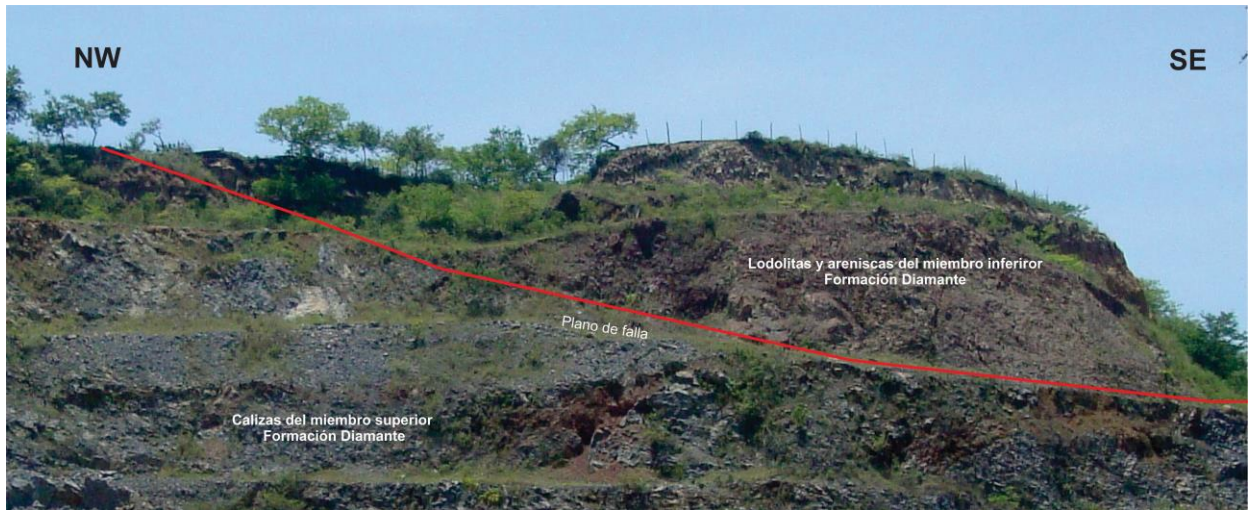


Figura 25. Evidencia de la cinemática inversa de la Falla Diamante, la cual pone el miembro inferior de la Formación Diamante, encima del miembro superior.

9. Resultados

9.1 Descripción de secciones estratigráficas

En la fase de campo se realizó el levantamiento de cuatro columnas estratigráficas detalladas representadas a escala 1:100 en el Norte de Bucaramanga, más específicamente en la cantera de cementos CEMEX y vía aledaña en la vereda angelinos, en la planta de tratamiento de agua potable vereda Angelinos AMB, en un afluente de la quebrada Ceylán y por último en la orilla norte del río Suratá debajo del puente hierro. Cada una de las secciones pasan a ser parte de la columna compuesta de la Formación Tiburón, ya que en ningún lugar la Formación se encuentra expuesta de manera completa, debido a los sectores cubiertos.

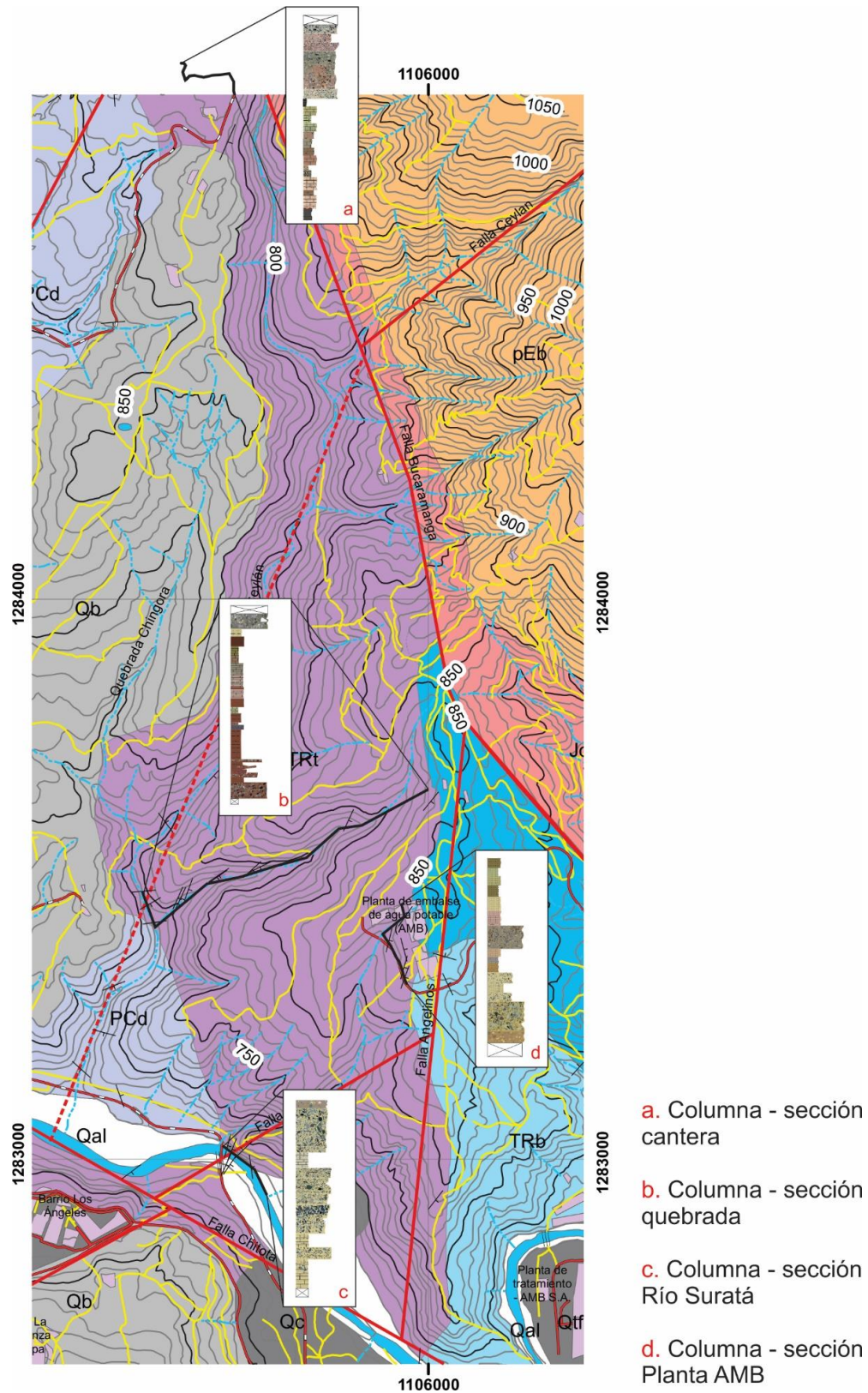


Figura 26. Ubicación de las columnas estratigráficas en el mapa a. Columna sección cantera b. Columna – sección Quebrada Ceylán c. Columna – sección Río Suratá d. Columna – sección de planta AMB.

CONVENCIONES

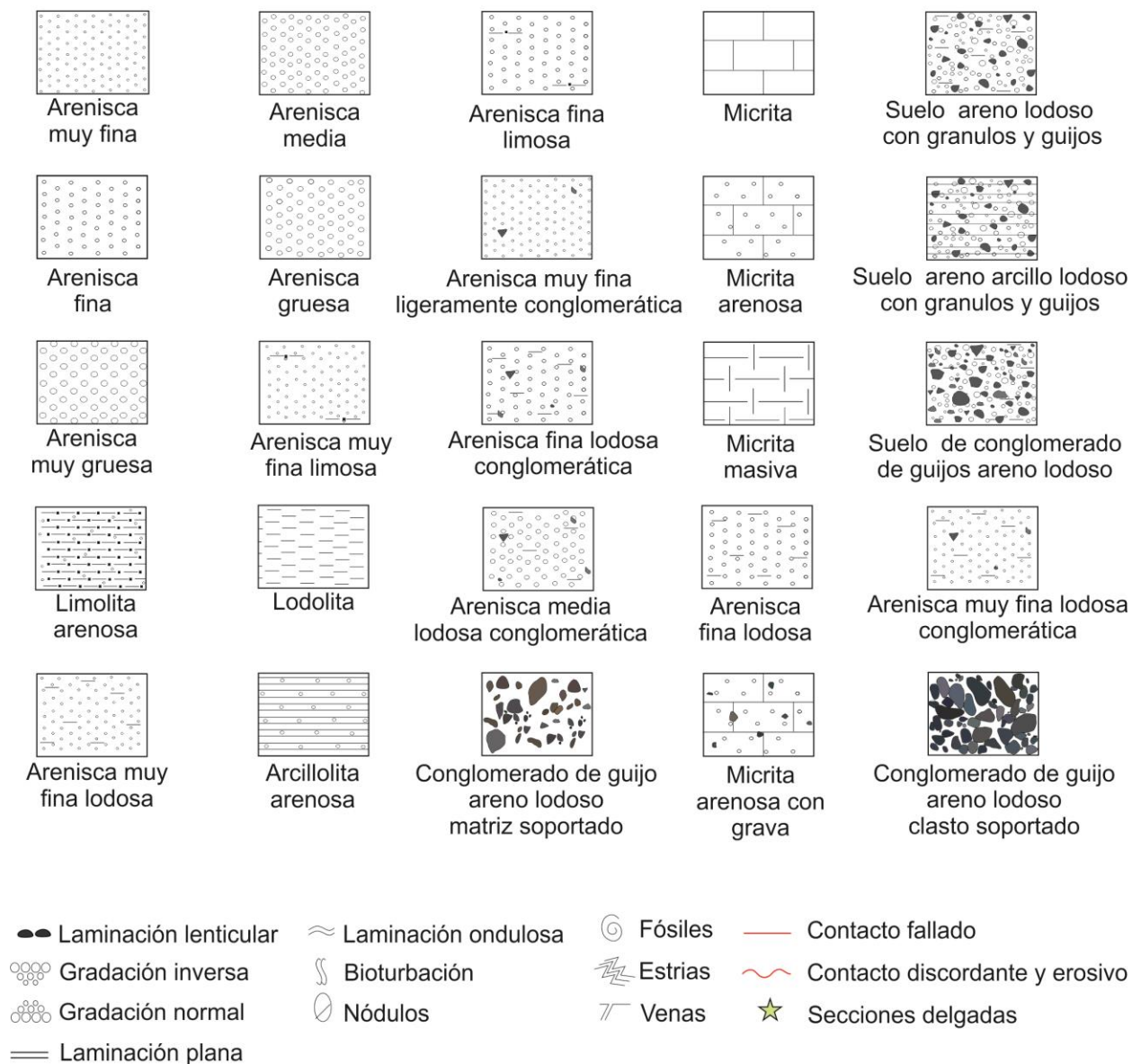


Figura 27. Convenciones empleadas en la realización de las columnas estratigráficas detalladas y simplificadas.

9.1.1 Sección estratigráfica - cantera de cementos CEMEX

[illegible]

Figura 28. Columna estratigráfica simplificada en la sección cantera de cementos CEMEX, carreteable Vereda Angelinos.

La base de esta columna estratigráfica se levantó en la parte alta de la cantera y el tope al margen izquierdo del carreteable aledaño que conduce a la vereda Angelinos; este carreteable es el que se encuentra en el costado izquierdo de la glorieta la cemento en la vía que conduce de Bucaramanga a Rio Negro. Esta sección corresponde a la base de la formación Tiburón, en la cual se evidencia el contacto discordante angular con las calizas altamente tectonizadas de la parte superior de la Formación Diamante. Los segmentos inferiores de la columna correspondientes a la base constan de micritas arenosas y areniscas, los segmentos superiores en su mayoría están constituidos por capas gruesas de conglomerados, y capas medias y finas de micritas arenosas; En total la sección suma 172,5 metros de los cuales 6,5 m son cubiertos.

P0. X: 1'105 4942 Y:1'285 004 Z:855 m.s.n.m



P17. X: 1'105 648 Y:1'284 977 Z:884 m.s.n.m



Figura 29. Localización de la sección Cantera Diamante con la respectiva poligonal. Imagen satelital tomada de Google Earth 2019.



Segmento 1 (0 m a 9 m) Formación Diamante. Segmento de 7 m de espesor compuesto por capas, con contactos netos, tabulares de 1 y 2 m de micrita fosilífera (IIIb:La) o wackstone con 2% de bioclastos que corresponden a fragmentos de conchas posiblemente de braquiópodos tamaño arena fina y media, además contiene 1% de impresiones de fósiles rellenas de calcita que corresponderían a braquiópodos. La matriz, de coloración gris oscura (N3), está compuesta por 52% de micrita, y contiene 25 % de cemento calcáreo. La superficie estratigráfica es difusa con el siguiente segmento. En todo el segmento la caliza se encuentra diaclasada y con venas de calcita de 1 mm a 3 mm de espesor. Petrográficamente la micrita contiene micrita (80%); bioclastos (2%) tamaño arena fina y media correspondientes a restos de conchas, espar (15%), porosidad primaria (0.4%) y secundaria (2.6%). (ver apéndice J).

Los siguientes dos metros del segmento corresponden a la caliza anterior atravesada por multiples fracturas rellenas de calcita y sufriendo procesos de disolución. En contactos discordante angular con las micritas arenosas rosadas de la Formación Tiburón

Segmento 3 (9 m a 12 m) – MA. Estrato de forma irregular de 3 m de espesor, constituido por capas gruesas tabulares (0.9,1.1 y 1 m) de micrita arenosa con micrita (56%) color rosado moderadamente naranjas (5Y 8/4), fragmentos de roca tamaño arena fina (15%), media (3%) y gruesa (1%) de formas subredondeadas y subesféricas. espar (5%) y porosidad baja (2%).

El contacto entre el segmento 1, correspondiendo a la Formación Diamante, y el segmento 3 correspondiente a la formación Tiburón, es discordante angular.

Segmento 4 (12 m a 13,40 m) - AmffL-c. Capa tabular de 1,40 m de espesor, constituida por sublitoarenita muy fina lodosa con arena muy fina (61%), gránulo (2%) y lodo (37%), moderadamente calibrada, con formas subredondeadas a subangulares, subesféricas a subelongadas, principalmente de cuarzo (90%), feldespato (5%) y fragmentos líticos (5%), en contactos puntuales dentro de una matriz lodosa calcárea color naranja moderadamente rojiza (10R 6/6); cemento calcáreo (8%) y porosidad baja (2%).

Segmento 5 (13.40 m a 13.50) – MA. Capa acuñada (10 cm) de micrita arenosa con micrita (51%) color marrón pálido (5YR 5/2), fragmentos de roca tamaño arena muy gruesa (1%), gruesa (8%), media (17%) y fina (10%) con formas angulares a sub redondeadas y sub esféricas a elongadas, espar (12%) y porosidad baja (1%).

Las superficies de estratificación a la base es interdigitado y al techo neta

Segmento 6 (13,50 m a 17.50 m) – MA. Segmento dispuesto en capas tabulares muy gruesas (1 y 0,50 m), que constan de micrita arenosa con micrita (77%) color rosado moderadamente naranja (5Y 8/4), fragmentos de roca tamaño arena muy fina (5%) y fina (3%), con formas subredondeadas a subangulares y subesféricas a subelongadas, espar (7%), porosidad baja (2%) y con acumulaciones locales de pirita y materia organica que impiden la alteración en ciertas zonas, que productos de la tectónica adquieren formas de boudinage (Ver figura 30a), espar (7%) y porosidad baja (2%).

Petrográficamente la muestra corresponde una micrita arenosa con fragmentos de rocas (15%) las cuales abarcan todos los rangos de tamaño arena y limo, tipo mudstone, cuarzo monocristalino y lodolita. (ver apéndice J). Las capas del segmento presentan contacto interdigitado con las capas

de los segmentos

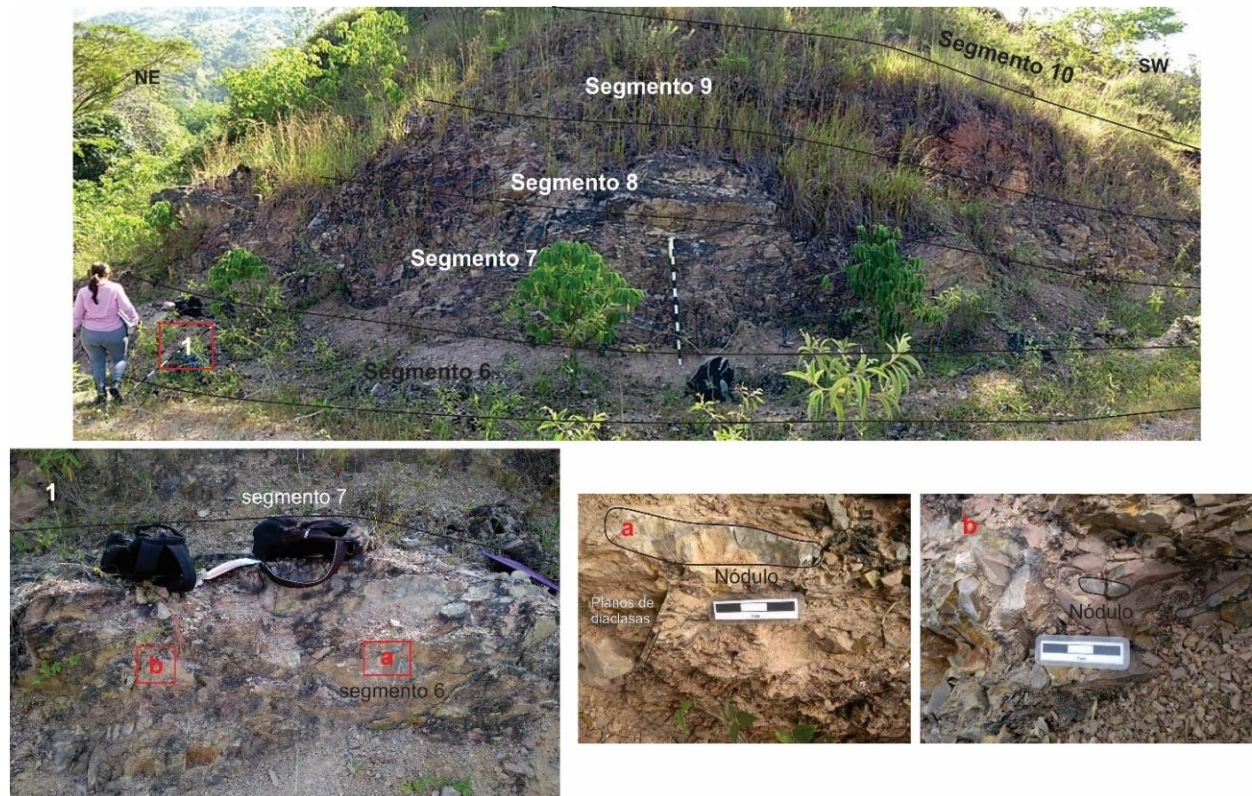


Figura 30. Vista general de los segmentos 6,7,8,9 y 10. 1) Segmento 6 en contacto interdigitado con el 7, se observa el grado de fracturamiento y venas de calcita. a) y b) micrita arenosa del segmento 6 las cuales presentan formas en boudinage y diaclasadas. Coordenadas X: 1°105.500, Y: 1°284.991

Segmento 7 (17.50 m a 18,80 m) - MA-II. Capa gruesa (1,30) muy diaclasada y con venas de calcita (ver figura 31), de micrita arenosa con micrita (63%) color rosado moderadamente naranja (5Y 8/4), fragmentos de roca tamaño arena muy fina (18%), granulo (5%) y guijo (4%), de formas angulares a subangulares a angulares y subesféricas a elongadas, espar (8%) y porosidad baja (2%). Durante toda la capa se evidencian lentes de 7-20 cm de largo y de 10-20 cm de ancho, los cuales varían desde conglomerado arenoso lodoso, y arenisca limosa.

Este segmento presenta contacto neto con respecto a la capa suprayacente e interdigitado con respecto al infrayacente.

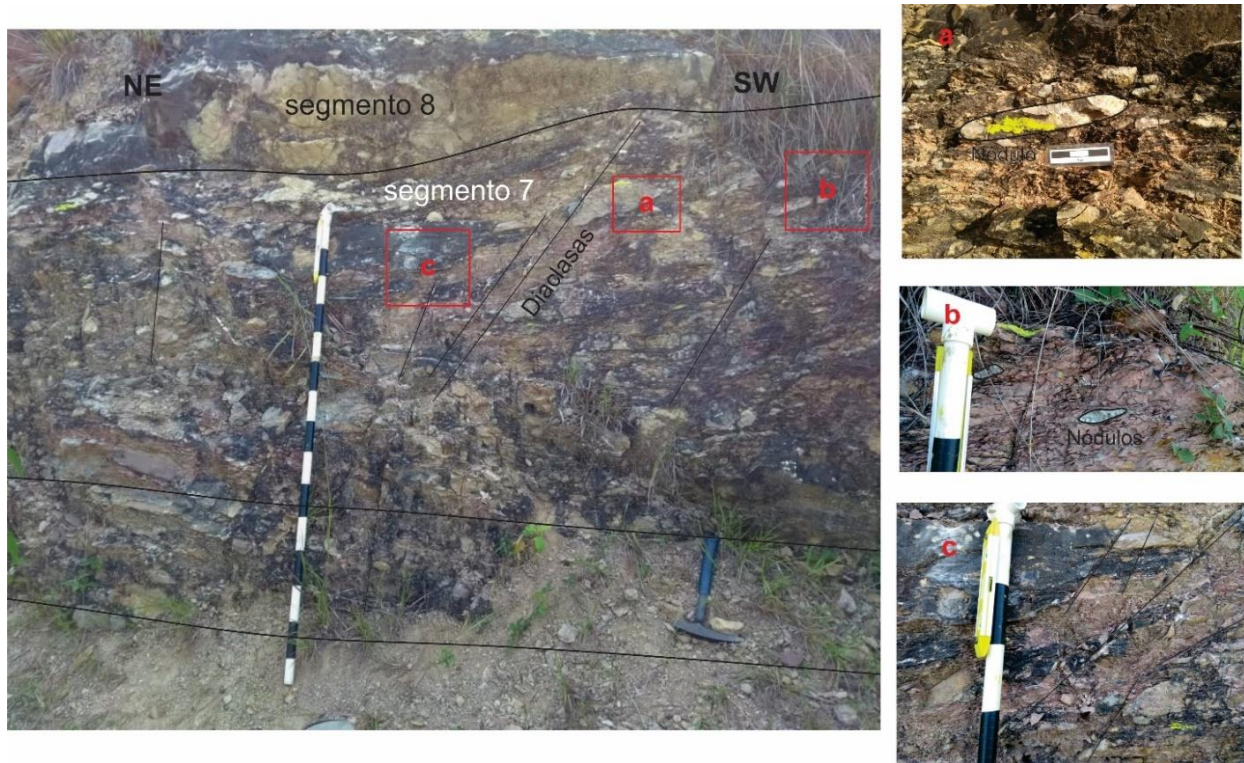


Figura 31. Vista general de los segmentos 7 y 8, se evidencia un leve plegamiento y diaclasamiento. a y b. micrita arenosa con nódulos calcáreos. c. Evidencia del diaclasamiento del segmento Coordenadas X: 1°105.500, Y: 1°284.991

Segmento 8 (18,80 m a 19,80 m) – AmffL-c. Capa muy gruesa (1 m) de sublitoarenita de grano muy fino (50%) y medio (15%), moderadamente calibrada, con granos subangulares y subesféricos a subelongados. Cuarzo predominante (75%), con líticos (20%) y feldespatos (5%). Los granos presentan contactos puntuales – flotantes y se encuentran embebidos en una matriz (30%) amarilla pálida (2.5Y 8/4) de lodo calcáreo; cementada por carbonatos (12%), y porosidad baja (2%).

La geometría de esta capa no es del todo clara debido a la tectónica de la zona que muestra las capas de manera aparentemente tabular, pero discontinuas y con superficie de estratificación neta a la base y al techo.

Segmento 9 (19,80 m a 21,50 m) - Amff-c. Capa muy gruesa (1,70 m) de Litoarenita feldespática de grano muy fino (30%) y fino (17%), bien calibrada, con granos subredondeadas a angulares y subesféricas a elongadas. Con cuarzo (70%), con líticos (20%) y feldespatos (10%). Los granos presentan contactos puntuales y se encuentran embebidos en una matriz (32%) marrón clara (5YR 5/6) de lodo calcáreo; cementada por carbonatos (12%), y porosidad baja (2%).

La geometría de esta capa no es del todo clara debido a la tectónica de la zona que muestra las capas de manera aparentemente tabular, pero discontinuas y con superficie de estratificación neta a la base y al techo.

Segmento 10 (21,50 m a 33 m) - MA-p. Segmento constituido a la base por capas tabulares (1,5 m) de micrita arenosa con micrita (50%) color rosado moderadamente naranjas (5Y 8/4), fragmentos de roca tamaño arena muy fina (15%), media (3%) , fina (10%) y granulo (7%), de formas subredondeadas y subesféricas; espar (12%), pirita y porosidad media (3%).

La superficie de estratificación con el segmento infrayacente es neta y difusa con el segmento suprayacente, ya que la roca se encuentra formando parte del suelo residual.

Segmento 11 (33 m a 36 m). Capa muy gruesa (3 m) de suelo residual, con tonalidades rosadas moderadamente naranjas (5Y 8/4) del material que se encontraba en el segmento anterior

Segmento 12 (36 a 37,75m) - LA-c. Este segmento consta de una capa muy gruesa (1.75 m) de Limolita arenosa de arena fina (20%), medio (15%) y grueso (2%), bien calibrada, granos subangulares a angulares y subelongados a subesféricos, en contactos flotantes embebidos en una matriz amarilla moderadamente verdosa (10Y 7/4), cemento calcáreo (10%) y porosidad que aumenta proporcional a la meteorización de la roca, por lo que en algunas zonas se puede considerar baja (1%) y en otras altas (5%).

La geometría del estrato no es clara, ya que el contacto con el suelo residual infrayacente es difuso y con el segmento superior también.

Segmento 13 (37,75 m a 39 m) - AmffL-c. Segmento (1,25 m) que consta de capas tabular gruesas (75-50 cm) de sublitoarenita de grano muy fino (21%), fino (40%), medio (8%) y gránulo (1%), moderadamente calibrada, con granos subangulares a angulares y subesféricos a subelongados. Cuarzo predominante (75%), con líticos (20%) y feldespatos (5%), en contactos puntuales, embebidos en una matriz (26%) gris clara oliva (5Y 6/1) de lodo calcáreo; cementada por carbonatos (8%), y porosidad media (3%). La arena presenta una laminación muy delgada plano paralela de material arcilloso, de tonalidad blanca.

El segmento presenta una superficie de estratificación difusa con respecto al segmento infrayacente y neta respecto al suprayacente.

Segmento 14 (39 m a 39,5 m) - AmffL-c. Este segmento consta de una capa gruesa (50 cm) constituida por sublitoarenita de grano muy fino (30%), fino (40%) y medio (2%), bien calibrada, con granos subredondeados a angular y subesférica a sub elongada. Cuarzo

predominante (80%), con líticos (19%) y feldespatos (1%), en contactos puntuales, embebidos en una matriz (24%) naranja grisácea (10YR 7/4) de lodo calcáreo; cementadas por carbonatos (12%), y porosidad baja (2%). La arena presenta una laminación muy delgada plano paralela de material arcilloso, de tonalidad blanca.

La geometría del segmento no es tan clara, ya que, aunque el contacto infrayacente es neto, el superior es difuso.

Segmento 15 (39,5 m a 41 m) - L-c. Capa muy gruesa (1.5 m) de Lodolita con arena de grano medio (2%) y grueso (1%), bien calibrada, granos subredondeados a subangulares y subelongados a subesféricos, en contactos flotantes dentro de una matriz lodosa naranja grisácea (10YR 7/4) con arcilla (64%) y limo (33%), cemento calcáreo (5%) y porosidad baja (2%)

La geometría de la capa no es muy clara para este segmento, ya que como gran parte del afloramiento se está convirtiendo en suelo residual, las superficies de estratificación tanto superior como inferior son difusas.

Segmento 16 (41 m a 42,8 m) – MA. Estrato muy grueso (1.8 m) de micrita arenosa con micrita (70%), marrón claro (5YR 6/4) y naranja moderadamente rojizo (10R 6/6) en las zonas meteorizadas, fragmentos de roca tamaño arena muy fina (10%), media (2%), gruesa (1%) y gránulo (2%) de formas subredondeadas a subangulares y sub esféricas a elongadas; espar (15%) y porosidad baja (2%).

La geometría de la capa no es muy clara para este segmento, ya que como gran parte del afloramiento se está convirtiendo en suelo residual, las superficies de estratificación tanto superior como inferior son difusas.

Segmento 17 (42,8 m a 44.6 m) - AmffLC-c. Capa muy gruesa (1.8 m) de litoarenita feldespática con arena muy fina (40%), fina (20%) y granulo (3%), bien calibrada, con granos subangulares y subesféricos a elongados, cuarzo (75%), líticos (25%) y feldespatos (5%), en contactos flotantes, embebidos en una matriz de lodo calcáreo (33%) marrón clara (5YR 6/4) y rosado moderadamente naranja (10R 7/4) en las partes alteradas, cementadas por carbonatos (10%), y porosidad baja (2%).

La geometría de la capa no es muy clara para este segmento, ya que como gran parte del afloramiento se está convirtiendo en suelo residual (ver figura 32b), las superficies de estratificación tanto superior como inferior son difusas.



Figura 32. Disposición de las capas, entre los segmentos 12 al 17. a. Contacto entre la arenisca fina lodosa del segmento 14 y la parte superior del segmento 13, el cual corresponde arenisca fina lodosa con laminación muy delgada plana paralela con un material arcilloso de color blanco, como se detalla en el zoom de la fotografía. b. Contacto entre la micrita arenosa del segmento 16 y la arenisca muy fina lodosa ligeramente granular del segmento 17. Coordenadas X: 1'105.506, Y: 1'284.952

Segmento 18 (44.6 m a 47.5 m) - Amff-c – MA. Segmento (2.9 m) compuesto a la base de una capa gruesa (90 cm) de sublitoarenita de grano muy fino (67%) y fino (25%), bien calibrada, con granos formas sub redondeadas a subangulares y sub elongados a sub esféricas. Con cuarzo (75%), con líticos (20%) y feldespatos (5%), en contactos puntuales – flotantes, embebidos en

una matriz lodosa calcárea (8%) verde moderadamente amarilla (5GY 7/4); cementada por carbonatos (7%), y porosidad baja (2%).

Las siguientes dos capas muy gruesas, cada una de 1 m corresponden a Micrita (III_m:L) con micrita (70%) color amarillo negruzco (5Y 6/4), fragmentos de roca tamaño arena muy fina a gruesa (7%); cemento calcáreo (20%) y porosidad baja (2%).

La geometría de la capa no es muy clara para este segmento, ya que como gran parte del afloramiento se está convirtiendo en suelo residual, las superficies de estratificación tanto superior como inferior son difusas.

Segmento 19 (47.5 m a 51 m). 3.5 m de cubierto

Segmento 20 (51 m a 54 m). Capa muy gruesa de 3 m de espesor de suelo residual de un material que se observa de tamaño arena muy fina lodosa similar al que se encuentra en el segmento 23, el cual presenta una coloración marrón claro (5YR 6/4)

Segmento 21 (54 m a 55.5 m) – MA. Capa muy gruesa (1.5 m) de micrita arenosa con micrita (68%) amarilla moderadamente verdosa (10Y 7/4), fragmentos de roca tamaño arena muy fina (13%), y fina (2%) con formas subredondeadas y sub esféricas a sub elongadas; espar 13% y porosidad alta (4%).

Este segmento presenta lateralmente una alteración a suelo residual, que solo deja ver un bloque de esta composición, por ende, la geometría no es clara y las superficies de estratificación son difusas.

Segmento 22 (55.5 m a 57 m) – M. Estrato muy grueso (1.5 m) de micrita (III_m:L) o Mudstone con micrita (67%) color gris amarillento (5Y 7/2), cemento calcáreo (20%), fragmentos de roca tamaño arena muy fina (9%), con formas sub redondeadas y sub esférica a sub elongada y porosidad media (4%).

La geometría de la capa no es muy clara para este segmento, ya que como gran parte del afloramiento se está convirtiendo en suelo residual, las superficies de estratificación tanto superior como inferior son difusas.

Segmento 23 (57 m a 58.5 m) AmfLi. Estrato muy grueso (1.5 m) de sublitoarenita limosa con arena muy fina (51%), fina (16%), muy bien calibrada, principalmente de cuarzo (90%), feldespato (3%) y fragmentos líticos (7%), con formas subangulares a sub redondeada y sub elongado a sub esférico, en contactos puntuales embebidos en una matriz lodosa (29%) marrón clara (5YR 6/4), cemento silíceo (5%) y porosidad media (4%).

Este segmento está sufriendo una alteración a suelo residual, que solo deja ver pequeños fragmentos de esta composición, por ende, la geometría no es clara y las superficies de estratificación son difusas.

Segmento 24 (58.5 m a 67 m). Capa muy gruesa de 8.5 m de espesor de suelo residual de un material que se observa de tamaño arena muy fina limosa similar al que se encuentra en el segmento 23, el cual presenta una coloración marrón claro (5YR 6/4)

Segmento 25 (67 m a 68.3 m) – MA. Capa muy gruesa (1.3 m) de micrita arenosa con micrita (68%) color verde moderadamente amarillo (5GY 7/4), fragmentos de roca tamaño arena

muy fina (15%), fina (3%) y granulo (1%), con formas subredondeadas a subangulares, esféricas a subelongadas, cemento calcáreo (10%) y porosidad media (3%). La geometría de la capa no es clara ya que presenta contacto difuso con el estrato infrayacente, aunque el contacto con la capa suprayacente es neto.

Segmento 26 (68.3 m a 71.6 m) – M. Segmento compuesto por dos capas tabulares muy gruesas (1.5-1.8 m) de micrita masiva o Mudstone, color verde clara (5G 7/4) con micrita (80%) y cemento calcáreo (20%). Los contactos de este segmento con respecto a los segmentos infra y suprayacente son netos.

Segmento 27 (71.6 m a 73.5 m) – MA. Capa muy gruesa (1.9 m) de micrita arenosa con micrita (50%) de tonalidad amarillo moderadamente verdoso (10Y 7/4), fragmentos de roca con 30% de arena fina y 1% de arena gruesa, con formas subredondeadas a subangulares, esféricas, cemento calcáreo (18%) y porosidad (1%). La geometría de la capa es tabular y los contactos con los segmentos infra y suprayacentes son netos.

Segmento 28 (73.5 m a 75 m) - L-c. Capa muy gruesa (1.5 m) de arcillolita arenosa fina con arena muy fina (26%), fina (3%), arcilla (56%) y limo (15%), con formas subangular a subredondeado y sub elongado a sub esférico, en contacto flotante dentro de una matriz lodosa (69%) color amarillo grisáceo (5Y 8/4), muy bien calibrada, cemento calcáreo (7%) y porosidad media (3%). La geometría de la capa no es clara, ya que en el techo del estrato la roca se encuentra meteorizada y formando parte del suelo, constituyendo una superficie de estratificación difusa, pero neta a la base.

Segmento 29 (75 m a 78 m). Esta capa muy gruesa de 3 m de espesor corresponde a suelo residual, con tonalidades amarillo grisáceo (5Y 8/4, del material arcilloso que se encuentra en el segmento anterior.

Segmento 30 (78 m a 88.5 m). Capa muy gruesa de 10.5 m de espesor de suelo residual de un material que se observa de tamaño arena muy fina similar al que se encuentra en el segmento 23, el cual presenta una coloración marrón claro (5YR 6/4)

Segmento 31 (88.5 m a 145.5 m) CcgaAL-c. Segmento de 57 m de espesor, compuesto por varios bloques de diversos (ver figura 33) tamaños de conglomerado lítico calcáreo clasto soportado con guijo (45%), guijarro (13%) en el rango de 6.4 cm a 25 cm y esporádicamente hasta de 40 cm, granulo (12%). El 90% de los líticos corresponden a caliza, el 5% a clástico, 2% a chert y 3% otros (cuarcita). El conglomerado presenta mal calibrado, con granos de formas subredondeadas a angulares y subesfericas a elongadas, embebidos en una matriz de tonalidad rosado anaranjado grisáceo (7.5YR 7/2) a naranja moderadamente rojizo (10R 6/6), areno lodosa con lodo calcáreo (8%), arena muy gruesa (2%), gruesa (10%), media (6%) y fina (4%); contiene

En cuanto a la geometría, no es clara en esta zona, al observarse como bloques discontinuos, erosionados, fracturados y con superficies de estratificación difusa.

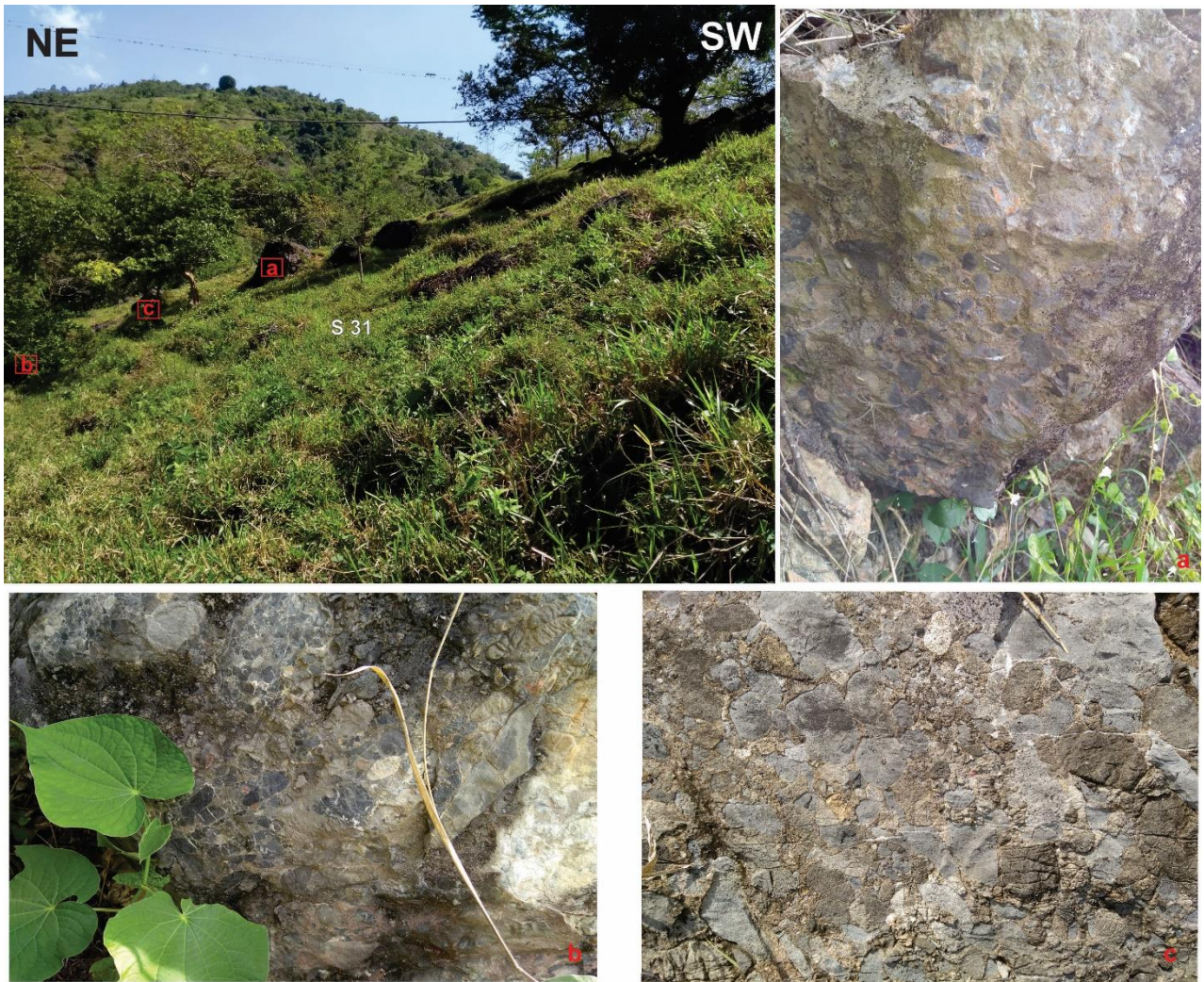


Figura 33. Presencia de los bloques de conglomerados del segmento 31. a y b. Apariencia del conglomerado guijo areno lodoso grano soportado, con presencia de fracturas rellenas de calcita dentro de los clastos y las partes blancas, corresponden a la silificación de la matriz. c. Desgaste superficial y disolución del conglomerado. Coordenadas X: 1'105.617, Y: 1'284.999.

Segmento 32 (145.5 m a 147.7 m) - CmgaAL-c. Capa muy gruesa (2.2 m), muy alterada, convirtiéndose en suelo residual, pero que en algunas partes se logra observar aún sus propiedades de conglomerado lítico calcáreo con gránulo (6%), guijo (44%), guijarro (6%), mal calibrado y fabrica desordenada, con formas subredondeadas a angulares y subesféricas a elongadas, contactos flotantes y longitudinales, granos soportados en una matriz de tonalidad

naranja pálido amarillento (10YR 8/6), areno lodosa con lodo calcáreo (17%), arena muy gruesa (2%), gruesa (11%), media (11%), fina (13%). Contiene cemento calcáreo (10%) y porosidad baja (2%).

En cuanto a la geometría de esta capa no es clara, al verse tan meteorizada y por lo tanto volver difusas sus superficies estratigráficas superior e inferior.

Segmento 33 (147.7 m a 147.85 m) - CcgaAL-c. Capa de 15 cm de conglomerado lítico calcáreo clasto soportado con guijo (45%) de 0.8 a 3 cm, guijarro (13%) en el rango de 6.4 a 9 cm, granulo (4%). El 92% de los líticos corresponden a caliza, el 6% a clástico, 2% a chert y 3% otros (mármol). El conglomerado presenta mal calibrado, con granos de formas subredondeadas a angulares y subesféricas a elongadas, contactos puntuales y longitudinales, los granos están embebidos en una matriz de tonalidad rosado anaranjado grisáceo (5YR 7/2), areno lodosa con lodo calcáreo (6%), arena muy gruesa (6%), gruesa (11%) y media (19%). Contiene cemento calcáreo (15%) y porosidad baja (2%).

En cuanto a la geometría es tabular, con el contacto inferior gradacional y el superior neto.

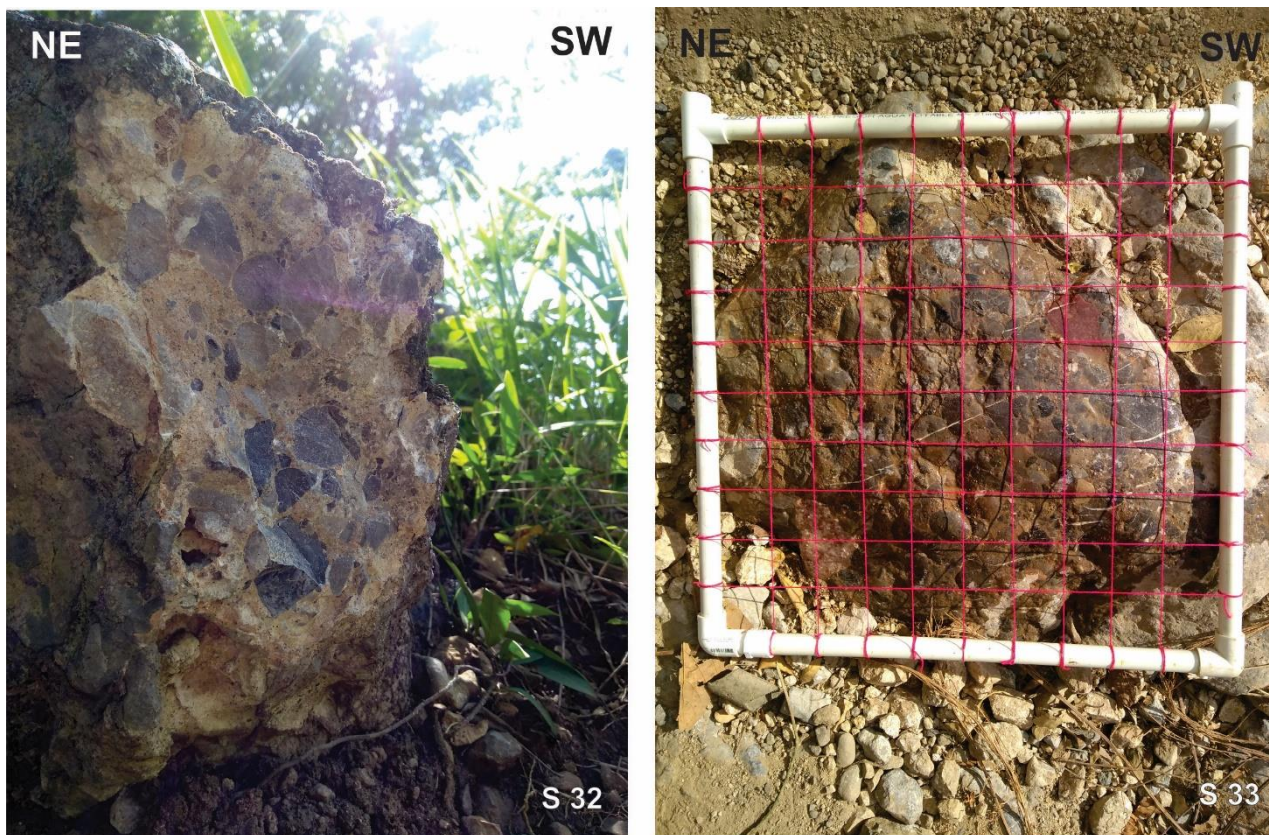


Figura 34. S32. Fragmento de roca del cual fue posible describir las propiedades del conglomerado matriz soportado, fuertemente alterado en el resto del segmento. S33. Conteo de clastos realizado en el conglomerado del segmento 33; el clasto de coloración rosada en la parte inferior izquierda de la fotografía corresponde a los dos puntos de mármol de la clasificación. Coordenadas X: 1'105.617, Y: 1'284.999.

Segmento 34 (147.85 m a 148.5 m) – MA. Estrato grueso y tabular (65 cm) de micrita arenosa con 52% de micrita naranja moderadamente rojizo (10R 6/6) ; 37% de fragmentos de roca tamaño arena fina (12%), muy fina (18%) , media (5%) y granulo (2%) de formas sub elongados a elongados y subangulares; con espar (8%) y porosidad media (3%). Las superficies de estratificación son netas a la base y al techo.

Algo destacable de esta unidad, es la orientación en dirección N6°E/63°SE de los minerales, debido a la actividad tectónica que se presenta en la zona.

Segmento 35 (148.5 m a 151.9 m) - CcgAL-c. Segmento (3.4 m), compuesto por varias capas muy gruesas de conglomerado lítico calcáreo clasto soportado, mal calibrado, con guijo (48%) de 2 a 3 cm, guijarro (4%), granulo (2%). El 95% de los líticos corresponden a caliza, el 3% a clásticos, 2% a chert., con formas subredondeadas a subangular y subesférica a elongada, en contactos puntuales y longitudinales, embebidos en una matriz areno lodosa de tonalidad rosado anaranjado grisáceo (5YR 7/2), con lodo calcáreo (12%), arena gruesa (6%), media (7%), fina (9%) y muy fina (12%). Contiene cemento calcáreo (15%) y porosidad baja (2%). La geometría es tabular y con superficies de estratificación neta.

Petrográficamente este conglomerado consta de guijo (40%), guijarro (3%). Los clastos en su mayoría son de caliza (micritas con neomorfismo, esparita y biomicrarenita), unos pocos de chert y lodolita calcárea. La matriz está compuesta por micrita (13%) y clastos tamaño arena muy fina a muy gruesa (13,92%), minerales accesorios como biotita (0.34%) y zircón (0.6%). La porosidad primaria es muy baja (0,5%) y la secundaria es imperceptible, ya que los espacios generados por fracturas fueron rellenos de calcita y por la alta cementación (Ver apéndice J)

Segmento 36 (151.9 m a 152.1 m) – MA. Estrato de 20 cm, compuesto de micrita arenosa con 58% de micrita de color amarillo grisáceo (5Y 8/4) en las zonas frescas y rosado anaranjado moderado (10R 7/4) en las partes alteradas; 29% de fragmentos de roca tamaño arena fina (20%), media (8%) y granulo (1%) con formas sub elongado a sub esférico y sub angular a sub redondeado ;espar (10%) y porosidad media (3%).La geometría de esta capa es tabular, cuyo contacto inferior es neto y el superior gradacional.



Segmento 37 (152.1 m a 154.5 m) - CmgAL-c. Segmento (2.4 m) compuesto por capas muy gruesas de conglomerado lítico calcáreo con gránulo (3%), guijo (20%), guijarro (10%) de hasta 14 cm, mal calibrado y fabrica desordenada, con formas subredondeadas a subangulares y subesféricas a elongadas, contactos flotantes y longitudinales, los granos están soportados en una matriz de tonalidad naranja moderadamente rojiza (10R 6/6), areno lodosa con lodo calcáreo (10%), arena gruesa (4%), media (8%), fina (20%) y muy fina (25%) . Contiene cemento calcáreo (15%) y porosidad baja (2%).

Segmento 38 (154.5 m a 156.7 m) - CcgAL-c. Segmento de 2.2 m de espesor, compuesto por capas muy gruesas de conglomerado lítico calcáreo clasto soportado con guijo (48%) de 2 a 3 cm y guijarro (4%). El 94% de los clastos corresponden a caliza, el 4% a clásticos, el 2% a chert. El conglomerado presenta mal calibrado, con granos de formas subredondeadas a angulares y subesféricas a elongadas, embebidos en una matriz de tonalidad naranja moderadamente rojiza (10R 6/6), areno lodosa con lodo calcáreo (12%), arena gruesa (6%), media (7%), fina (9%) y muy fina (14%). Contiene cemento calcáreo (15%) y porosidad baja (2%). La geometría es tabular y con superficie de estratificación gradacional con respecto a la capa infrayacente y neto con respecto a la suprayacente.

Segmento 39 (156.7 m a 156.9 m) – AmffLC-c. Estrato (20 cm) de Litoarenita ligeramente conglomerática de grano muy fino (22%) , fino (31%), medio (11%), grueso (1%), granulo (1%) y guijo (3), moderadamente calibrada, con granos subredondeadas a subangulares y subesféricas a elongadas. Con cuarzo (74%), con líticos (25%) y feldespatos (1%). Los granos presentan contactos puntuales-flotantes y se encuentran embebidos en una matriz rosada moderadamente

anaranjada (10R 7/4) de lodo calcáreo (31%); cementada por carbonatos (8%), y porosidad baja (2%). La geometría del estrato es tabular, con contacto neto respecto a la capa infrayacente y gradacional respecto a la suprayacente.

Segmento 40 (156.9 m a 157.9 m) – CcmgAL-cgi. Estrato de 1m que consta de conglomerado lítico calcáreo clasto soportado con gradación inversa; a la base con guijos (49%) entre 0,5 a 3 cm, y al tope guijarro (10%) en el rango de 6.4 a 10 cm. El 95% de los líticos corresponden a caliza, el 3% a clástico y el 2% a chert. El conglomerado presenta mal calibrado, con granos de formas subredondeadas a angulares y subesféricas a elongadas; soportados en una matriz de tonalidad rosada moderadamente anaranjada (10R 7/4) areno lodosa con lodo calcáreo (10%), arena gruesa (2%), media (3%), fina (10%) y muy fina (10%). El conglomerado contiene cemento calcáreo (10%) y porosidad baja (2%). La superficie de estratificación con el segmento infra y suprayacente es gradacional

Segmento 41 (157.9 m a 159.9 m) - LA-c, CmgAL-c, CcgaAL-c. Segmento que corresponde a una intercalación de capas finas tabulares (6 y 10 cm) de arcillolita arenosa muy fina con capas gruesas (80 y 100 cm) de conglomerado de guijos areno lodoso. Los estratos de arcillolita arenosa muy fina presentan arena muy fina (15%), arena fina (10%), media (6%) y muy gruesa (2%), bien calibrada, con granos de formas subredondeadas a subangulares, subesféricos a subelongados; contactos flotantes dentro de una matriz arcillosa (40%) y lodo calcáreo (20%) de color rosada naranja grisáceas (5YR 7/2); cemento calcáreo (3%) y porosidad alta (4%).

Las capas tabulares intercaladas con arcillolitas corresponden a conglomerados líticos calcáreos clasto soportados con guijo (46%) entre 0,5 a 3 cm y guijarro (5%) entre 7 a 10 cm; mal calibrados, con granos subredondeados a angulares y subesféricos a elongados; embebidos en una matriz de tonalidad rosada naranjada grisácea (5YR 7/2), areno lodosa con lodo calcáreo (5%), arena muy gruesa (1%), gruesa (5%), media (4%), fina (10%) y muy fina (10%). El conglomerado contiene cemento calcáreo (15%) y porosidad media (3%). La superficie de estratificación con el segmento infra y suprayacente es gradacional. Como el segmento anterior, las superficies de estratificación tanto infra como suprayacente son gradacionales

Segmento 42 (159.9 m a 160.1 m) - AmffLC-c. Capa fina de 20 m de Litoarenita lodosa con guijos (12%) y granulo (4%), grano muy fino (55%) y medio (17%), moderadamente calibrada, con granos subredondeadas a subangulares y subesféricas a elongadas. Con cuarzo (70%), con líticos (25%) y feldespatos (5%). Los granos presentan contactos puntuales y se encuentran embebidos en una matriz rosada naranja grisácea (5YR 7/2), de lodo calcáreo (20%); cementada por carbonatos (7%), y porosidad baja (1%). La superficie de estratificación es gradacional con los segmentos infra y suprayacentes.

Segmento 43 (160.1 m a 160.5 m) - CcgAL-c. Estrato tabular (40 cm) de conglomerado lítico calcáreo, mal calibrado, clasto soportado, con guijos entre 1-4 cm (35%), guijarro entre 7-15 cm (15%), fabrica desordenada, con formas subredondeadas a subangulares y subesféricas a subelongadas, contactos puntuales, embebidos en una matriz areno lodosa de tonalidad rosada moderadamente naranja (10R 7/4) con lodo calcáreo (15%), arena muy gruesa (1%), gruesa

(5%), media (4%), fina (8%) y muy fina (10%), cemento calcáreo (15%) y porosidad baja (2%).

La superficie de estratificación con el segmento infra y suprayacente es gradacional.

Segmento 44 (160.5 m a 161.2 m) - AmffLC-c. Capa tabular (70 cm) de Litoarenita lodosa, moderadamente calibrada, con guijos (3%) , granulo (4%), guijarro (1%), arena muy fina (30%), media (15%) y muy gruesa (5%), con formas subredondeados a subangulares y subesféricos a elongados, principalmente de cuarzo (70%), líticos (25%) y feldespatos (5%), en contactos puntuales-longitudinales dentro de una matriz lodosa calcárea (25%) marrón clara (5YR 6/4), cementada por carbonatos (7%), y porosidad media (3%). La roca se encuentra muy alterada debido a que en este segmento se e encuentra un plano de falla con estría y harina de falla, debido a esto el dato de estratificación cambia de un buzamiento de 72° SE a un buzamiento más suave de 43° SE. Presenta un contacto gradacional con el segmento infra y suprayacente

Segmento 45 (161.2 m a 163.1 m) - CcgAL-cgi. Estrato tabular (1,9 m) de conglomerado lítico calcáreo, clasto soportado, mal calibrado, con gradación inversa, guijos entre 1-3.5 cm (40%), guijarro entre 6.5-10 cm y esporádicamente 40 cm (15%) y granulo (12%), principalmente de caliza (94%), clásticos (3%), chert (2%) y mármol (1%), con formas subredondeadas a subangulares y subesféricas a elongadas, contactos puntuales embebidos en una matriz arenosa de tonalidad rosada moderadamente anaranjada (10R 7/4) con arena media (13%) y fina (13%), cemento calcáreo (10%) y porosidad baja (2%). La superficie de estratificación con el segmento infra y suprayacente es gradacional.

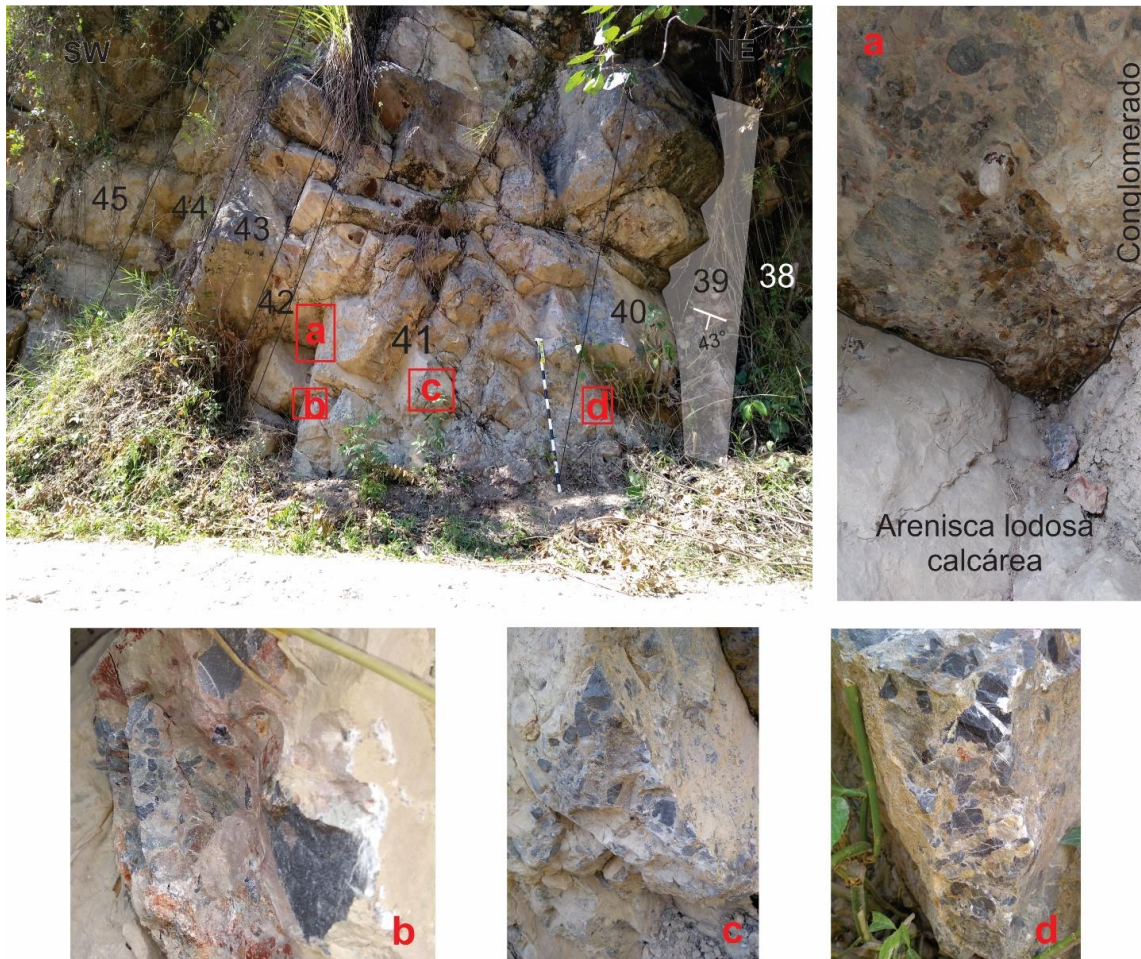


Figura 35. Vista general de los segmentos 38 al 45, en donde se observa el plano de estratificación, la disposición de las capas y el fracturamiento del afloramiento. a. Contacto neto entre conglomerado y arenisca lodosa calcárea. b. c. y d. Variación de los tamaños de grano de los conglomerados de la parte final de la columna X: 1'105.637, Y: 1'285.014

Segmento 46 (163.1 m a 163.5 m) CmgaAL-c. Capa tabular (40 cm) de conglomerado lítico calcáreo con guijo (33%) y guijarro entre 7-15 cm (2%), mal calibrado, con una fabrica desordenada, formas subredondeadas a angulares y subesféricas a subelongadas, contactos puntuales, soportados en una matriz areno lodosa color rosada moderadamente naranja (10R 7/4) con lodo calcáreo (10%), arena muy gruesa (1%), gruesa (3%), media (10%), fina (29%) y

muy fina (10%), cemento calcáreo (16%) y porosidad baja (3%). La superficie de estratificación es gradacional con los segmentos infra y suprayacente.

Segmento 47 (163.5 m a 165 m) - CcgAL-c. Conglomerado lítico calcáreo con guijo entre 1-4 cm (35%) y guijarro entre 7-10 cm (10%), mal calibrado, con una fabrica desordenada, formas subredondeadas a subangulares y subesféricas a subelongadas, contactos puntuales y flotantes, soportados en una matriz arenosa de tonalidad rosada grisácea (7.5YR 8/3) con arena gruesa (6%), media (10%) y fina (28%), cemento calcáreo (10%) y porosidad baja (2%). La superficie de estratificación con el segmento infrayacente es gradacional y difusa con el segmento suprayacente.

Segmento 48 (165 m a 168 m). Este segmento corresponde a 3 m de cubierto

Segmento 49 (168 m a 172.5 m) - CcgaAL-c. Segmento (4,5 m) que consta de capas tabulares (2 m) de conglomerado lítico calcáreo clasto soportado, mal calibrado, con guijo entre 0.5-3 cm (50%) y guijarros entre 6.5-10 cm (14%), con formas subredondeadas a angulares y subesféricas a elongadas, contactos puntuales, embebidos en una matriz areno lodosa de tonalidad rosada naranja grisácea (10YR 8/2), con lodo calcareo (83%), arena gruesa (5%), media (8%) y fina (20%), cemento calcáreo (15%) y porosidad baja (2%). La superficie de estratificación es difusa con los segmentos infra y suprayacente.

9.1.2 Sección estratigráfica - Quebrada Ceylán

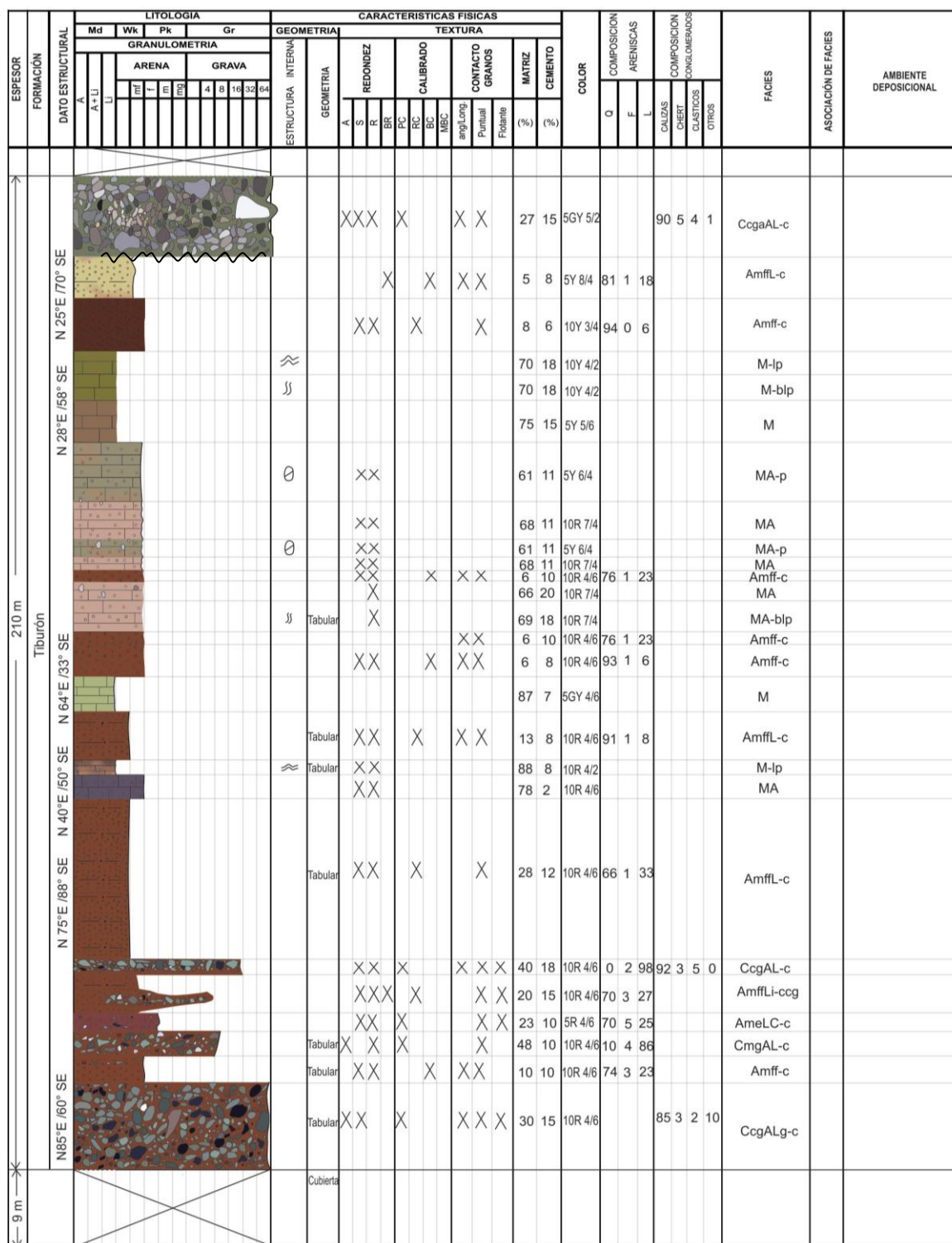


Figura 36. Columna estratigráfica simplificada en la sección de la Quebrada Ceylán.

Esta columna estratigráfica se levantó en una afluyente de la quebrada Ceylán, la cual se encuentra ubicada en el costado derecho del carreteable que comunica el fuerte norte de carabineros del Norte con la vereda angelinos, este carreteable es el que se conoce popularmente como antiguo carreteable a Matanza. La sección termina en una de las fincas de la vereda angelinos a unos 3 km al noreste de la planta de tratamiento de agua de angelinos. Esta columna corresponde a la base y parte media de la formación Tiburón, en la cual a la base se evidencian capas gruesas de conglomerado, areniscas conglomeráticas y areniscas, la parte media de la sección corresponde a una intercalación de micritas, micritas arenosas y areniscas; el tope consta de conglomerados. Por las condiciones del terreno no se realizó poligonal, pero si se constató la columna con bastoneo.

En total la sección suma 440 metros, de los cuales 229 m son cubiertos y 210 m de roca aflorante.



Figura 37. Localización de la sección Quebrada Ceylán. Imagen satelital tomada de Google Earth 2019.

Segmento Q1 (9 m a 13.5 m) CcgAL-c, AmeLC-c, CcmgAL-cgi. Segmento que a la base consta de una capa tabular muy gruesa (2 m), constituida por conglomerado lítico calcáreo clasto soportado, mal calibrado, con guijo entre 1-4 cm (26%), guijarro entre 6-22 cm (10%) y granulo (12%). El 85% de los líticos corresponden a caliza, el 2% a clástico, 3% a chert y 10% otros (cuarcita y cuarzo), con formas subredondeadas a subangulares y subesféricas a elongadas, embebidos en una matriz areno lodoso color marrón moderadamente rojiza (10R 4/6), con lodo calcáreo 8% y arena fina (22%), cemento calcáreo y ferruginoso (15%) y porosidad media (3%).

Suprayaciendo está capa, en contacto neto se encuentra un estrato tabular medio de 30 cm que consta de Litoarenita lodosa con guijos (5%) y granulo (4%), grano fino (50%) y medio (30%); moderadamente calibrada, con granos subredondeados a subangulares y subesféricos a elongados. Con cuarzo (62%), con líticos (35%) y feldespatos (3%). Los granos presentan contactos puntuales-longitudinales y se encuentran embebidos en una matriz marrón moderadamente rojiza (10R 4/6), de lodo calcáreo y ferruginoso (9%); cementada por carbonatos y minerales ferruginosos (10%), con porosidad media (3%).

El tope del segmento, que consta de estratos tabulares gruesos y muy gruesos de 70 y 1,50 del conglomerado de guijo areno lodoso matrizsoportado similar al descrito en la capa anterior pero que a la base los tamaños predominantes de los clastos varia de 2 a 4 cm, hacia la parte media aumenta el tamaño llegando a clasto de hasta 6 cm; en esta parte media se encuentra un cuerpo discontinuo de areniscas media lodosa que a su vez hace parte de la matriz de estos conglomerados, la parte superior de esta capa corresponde al mismo conglomerado pero con tamaño de clasto que van de 1 a 2 cm y matrizsoportado ; con 93% de clastos de caliza, 3% de chert, 1% de clásticos y 3% de cuarcitas.

El contacto con el segmento siguiente es cubierto.

Segmento Q2 (13,5 m a 15 m). Segmento de 1,5 m de cubierto

Segmento Q3 (15 m a 28,5 m) Amff-c, CmgaAL-c, AmeLC-c, CmgAL-c, Af-ccg. La base del segmento comienza con una intercalación de capas medias (60, 40 y 20 cm) de arenisca fina y conglomerado de guijo areno lodoso, con contactos gradacionales. El primer estrato tabular consta de Litoarenita feldespática de grano fino (60%), muy fino (30%), bien calibrada, con granos subredondeados a angulares y subesféricos a subelongados. Con cuarzo (74%), líticos (23%) y feldespatos (3%). Los granos presentan contactos puntuales y se encuentran embebidos en una matriz marrón moderadamente rojiza (10R 4/6) de lodo calcáreo (10%); cementada por carbonatos y minerales ferruginosos (10%), con porosidad baja (2%).

El segundo estrato tabular de 40 cm corresponde a un conglomerado lítico calcáreo con guijo (32%) entre 3 a 5 cm y gránulo (10%) ; mal calibrado y fabrica desordenada. El 90% de los líticos corresponden a caliza, el 7% a clásticos, el 2% a cuarzos y el 1% a feldespatos. Los granos presentan formas subredondeadas a angulares y subesféricas a elongadas, contactos flotantes, tangenciales y flotantes , los granos están soportados en una matriz de tonalidad roja moderada (5R 4/6) areno lodosa con lodo calcáreo (5%), arena media (25%), fina (14%) y gruesa (4%) y fina (28%) . Contiene cemento calcáreo y ferruginoso (10%) y porosidad alta (4%).

Siguiendo con la secuencia del segmento, las capas suprayacentes a el conglomerado de guijos areno lodoso descrito anteriormente, corresponden a capas de 20 y 60 cm de la arenisca fina descrita en el primer estrato del segmento y el conglomerado de guijos areno lodoso respectivamente.

En la parte media del segmento se encuentra una capa tabular de 20 cm de Litoarenita feldespática con guijos (8%) y granulo (3%), arena media (30%), gruesa (12%), y fino (11%); moderadamente calibrada, con granos subredondeados a subangulares y subesféricos a elongados. Con cuarzo (70%), líticos (25%) y feldespatos (5%). Los granos presentan contactos puntuales-flotantes y se encuentran embebidos en una matriz marrón moderadamente rojiza (10R 4/6) de lodo calcáreo y ferruginoso (5%) y arena muy fina (18%); cementada por carbonatos y minerales ferruginosos (10%), con porosidad alta (4%). A esta capa la suprayace un estrato que consta de Litoarenita feldespática de grano medio (45%), fino (30%), grueso (6%) bien calibrada, con granos subredondeados a angulares y subesféricos a subelongados. Con cuarzo (72%), líticos (23%) y feldespatos (5%). Los granos presentan contactos puntuales y se encuentran embebidos en una matriz rojiza moderada (5R 4/6) de lodo calcáreo (4%) y arena muy fina (10%); cementada por carbonatos y minerales ferruginosos (10%), con porosidad media (3%).

Dentro de las capas tabulares de arenisca, en la parte media, se encuentra un cuerpo circular (ver figura 38b) de 24 cm de diámetro que consta de un conglomerado arenoso que contiene 55% de guijo con tamaños predominantes de 1 a 3 cm, 2% de guijarro con clasto que llegan a medir hasta 8 cm, gránulo 13%, arena media 20%, fina 8%, gruesa 2%. Presenta tonalidades rojas moderadas (5R 4/6). Texturalmente, los clastos presentan formas subredondeadas a subangulares y sub esféricas a sub elongados, mal calibrado, cuyos granos se encuentran en contacto puntual y en algunas partes longitudinal. La matriz consta de arena media 10%, fina 8%, y media 2%. Contiene 10% de cemento calcáreo y ferruginoso, porosidad media 3%. Composicionalmente corresponde a un conglomerado lítico con porcentajes de Q: 3%, F: 2%, L: 95%.

El contacto con el segmento siguiente es difuso, ya que se encuentra cubierto.



Figura 38. 1. Vista general de la base del segmento 3, en el cual se evidencia la orientación de las capas y el contacto difuso con el segmento 2. a) Acercamiento de la intercalación de arenisca fina y conglomerado de guijo areno lodoso de la base del segmento. 2. Vista general de la parte media y el tope del segmento 3, en el cual se evidencia la dirección de las capas b) Lente de conglomerado dentro de la arenisca fina del segmento. Coordenadas X: 1°105.491, Y: 1°283.476

Segmento Q4 (28,5 m a 31,5 m). Segmento de 3 metros de cubierto

Segmento Q5 (31,5,5 m a 34,5 m) AmffL-c. Segmento constituido por dos capas muy gruesas de 1,50 m que constan de Sublitoarenita limosa de grano fino (45%) y muy fino (35%); bien calibrada, con granos subredondeados a angulares y subesféricos a subelongados. Con cuarzo (88%), líticos (10%) y feldespatos (2%). Los granos presentan contactos puntuales y se encuentran embebidos en una matriz marrón moderadamente rojiza (10R 4/6) de lodo calcáreo (10%); cementada por carbonatos y minerales ferruginosos (8%), con porosidad baja (3%).

La roca en este segmento se encuentra diaclasa y presentan contacto difuso con el segmento anterior y neto con el siguiente

Segmento Q6 (34,5 m a 42 m) AmffL-c, AfLi-ccg, CcgAL-c. Este segmento suma en total 7.5 m, distribuidos a la base por dos capas de 1.5 m en su mayoría de litoarenita limosa de grano muy fino (70%) y fino (6%); bien calibrada, con granos subredondeados a angulares y subesféricos a subelongados. Con cuarzo (70%), líticos (27%) y feldespatos (3%). Los granos presentan contactos puntuales-flotantes y se encuentran embebidos en una matriz marrón moderadamente rojiza (10R 4/6) de lodo calcáreo y ferruginoso (20%); cementada por carbonatos y minerales ferruginosos (15%), con porosidad baja (1%). Dicha litología contiene acumulaciones irregulares de granos tamaño grava (ver figura 39a).

Posterior a los 3 m anteriores se encuentra en contacto inter digitado una capa de 30 cm de conglomerado lítico calcáreo clasto soportado con guijo (36%) en su mayoría de 1 a 3 cm, guijarro (2%) en el rango de 7 a 8 cm ,y granulo (9%). El 92% de los líticos corresponden a caliza, el 5% a clástico, y el 3% a chert . El conglomerado presenta mal calibrado, con granos de formas subredondeadas a angulares y subesféricas a elongadas, contactos puntuales y flotantes; los granos están embebidos en una matriz de tonalidad marrón moderadamente rojiza (10R 4/6), areno lodosa con lodo calcáreo (10%), arena fina (16%) muy fina (10%) , media (5%), gruesa (2%),y 1% muy gruesa Contiene cemento calcáreo (10%) y porosidad baja (2%).

Las siguientes capas están dispuestas en 1.20 m de la arenisca muy fina limosa descrita en un principio, gradualmente seguida por 3 m de una arenisca similar, pero con una granulometría en donde el contenido de arena media es de 10% y es mayor la arena fina que la muy fina. El contacto con el segmento suprayacente es difuso, al estar tapado por depósito de la quebrada.



Figura 39. Apariencia general del segmento Q6, compuesto principalmente de arenisca muy fina limosa. a. Cambio textural presente en las acumulaciones irregulares de tamaño grava, en donde aumenta el tamaño arena de muy fina a media y gruesa. b. Geometría de las acumulaciones de grava. c. Capa de 30 cm de conglomerado de guijo areno lodoso. Coordenadas X: 1°105.504, Y: 1°283.454

Segmento Q7 (42 m a 45 m). 3 m de cubierto.

Segmento Q8 (45 m a 48 m) AmffL-c. Segmento de 3 m, compuesto por una capa muy gruesa de 1.5 m y dos capas gruesas de 80 cm y 70 cm de litoarenita limosa de grano muy fino (70%) y fino (14%); bien calibrada, con granos subredondeados a angulares y subesféricos a subelongados. Con cuarzo (67%), líticos (30%) y feldespatos (3%). Los granos presentan contactos puntuales-flotantes y se encuentran embebidos en una matriz marrón moderadamente

rojiza (10R 4/6) de lodo calcáreo (15%); cementada por carbonatos y minerales ferruginosos (10%), con porosidad baja (2%).

La geometría entre las capas es tabular, pero los contactos superior e inferior del segmento son difusos al estar en contacto con un cubierto en la parte inferior y suelo residual en la parte superior.

Segmento Q9 (48 m a 50.3 m). Capa muy gruesa de 2.3 m de espesor de suelo residual de un material que se observa de tamaño arena muy fina similar al que se encuentra en el segmento anterior, el cual presenta una coloración marrón moderadamente rojizo (10R 4/6).

Segmento Q10 (50.3 m a 67.5 m)- AmffL-c, Amff-c. Segmento muy grueso de 17.2 m, de los cuales, los primeros 8.2 son capas tabulares muy gruesas de litoarenita limosa de grano muy fino (77%) y fino (2%); bien calibrada, con granos subredondeados a angulares y subesféricos a subelongados. Con cuarzo (66%), líticos (33%) y feldespatos (1%). Los granos presentan contactos puntuales-flotantes y se encuentran embebidos en una matriz marrón moderadamente rojiza (10R 4/6) de lodo calcáreo (18%); cementada por carbonatos y minerales ferruginosos (12%), con porosidad media (3%). Posteriormente le sigue una capa muy gruesa de 1.5 m de la misma arenisca, pero con 20% de limo y 8% de arcilla, la cual, en los siguientes 1.5 m contiene clastos esporádicos tamaño guijo de formas sub redondeadas a subangulares y sub esféricos a elongados, correspondientes a un 3% del segmento en total.

Los últimos estratos corresponden a la arenisca muy fina limosa característica del segmento, la cual se proyecta con el rumbo de su dato estructural N75°E/88°SE, hasta un afluente cercano de la quebrada Ceylán en donde se continua la descripción de la columna

Segmento Q11 (67,5 m a 69 m) M, MA. Segmento de 1,5 de espesor que consta a la base de una capa tabular gruesa (40 cm) de micrita (III_m:L) o wackstone con 73% de micrita con tonalidades moradas grisáceas (5P 4/2) ; 5% de litoclástos tamaño arena fina, de formas subredondeadas a subangulares y sub elongados. La roca contiene 20% de espar, y porosidad baja (2%) . Como mineral accesorio evidencia cristales anhedrales de pirita tamaño arena media como mineral accesorio.

En contacto neto se encuentra suprayaciendo una capa tabular gruesa de 50 cm compuesta por micrita arenosa con 78% de micrita de color verde grisáceo (5Y 8/1); 13% de fragmentos de roca tamaño arena fina, de formas subredondeadas a subangulares y sub elongados. La roca está compuesta por espar 7%, con porosidad baja (2%). A la base de este estrato, los primeros 15 cm la roca se encuentra mezclada con un material más arcilloso arenoso calcáreo de color rosado moderadamente naranja (5Y 8/4).

Los últimos 60 cm de este segmento constan de suelo residual de micrita arenosa descrita anteriormente, que se encuentra en contacto difuso con el suelo residual del segmento suprayacente

Segmento Q 12 (69 m a 70,5 m). Segmento que consta de 1,5 m de suelo residual de micrita arenosa de tonalidades color rosado moderadamente naranja (5Y 8/4).

Segmento Q13 (70.5 m a 74.3 m) MA, M-bl_p. Segmento muy grueso de 3.8 m, distribuido a la base por una capa fina tabular de 10 cm de micrita arenosa con 65% de micrita color amarillo grisáceo (5Y 8/4); 18% de fragmentos de roca con tamaños arena muy fina (13%) y fina (5%), de



formas sub redondeadas a sub angulares y sub elongados a elongados. La roca está compuesta por 15% de espar; con porosidad baja (2%).

A continuación de esos 10 cm, le sigue en contacto neto una capa muy gruesa tabular de 3.3 m de micrita (III_m:L) o Mudstone con 80% de micrita color verde amarillo negruzco (5GY 5/2); 6% de fragmentos de roca tamaño arena muy fina (6%), con formas subangulares y subelongados. Contiene espar (12%) y porosidad baja (2%). Presenta minerales accesorios como la moscovita y presencia de bioturbación evidenciada por franjas discontinuas de un material más arcilloso, lustroso y de color verde amarillo moderado (5GY 7/4). En medio de esta litología, entre 1.2 m a la base y 1.1 m al techo, se presenta 1 m de micrita en láminas gruesas de 0.5 a 1 cm, intercaladas con láminas finas de 1 mm de lodolita limosa , con limo 45%, arcilla 20%, arena muy fina 28% y media 7%, color amarillo grisáceo (5Y 8/4).

Los últimos 40 cm corresponden a micrita arenosa con 67% de micrita color rojo pálido (5R 6/2)-;16% de fragmentos de roca tamaño arena muy fina (3%), media (5%) y fina (8%), de formas sub redondeadas a sub angulares y sub elongados a sub esféricos. La roca está compuesta por espar (15%) y porosidad baja (2%). Esta capa se presenta en contacto difuso con el siguiente segmento que corresponde a un cubierto.

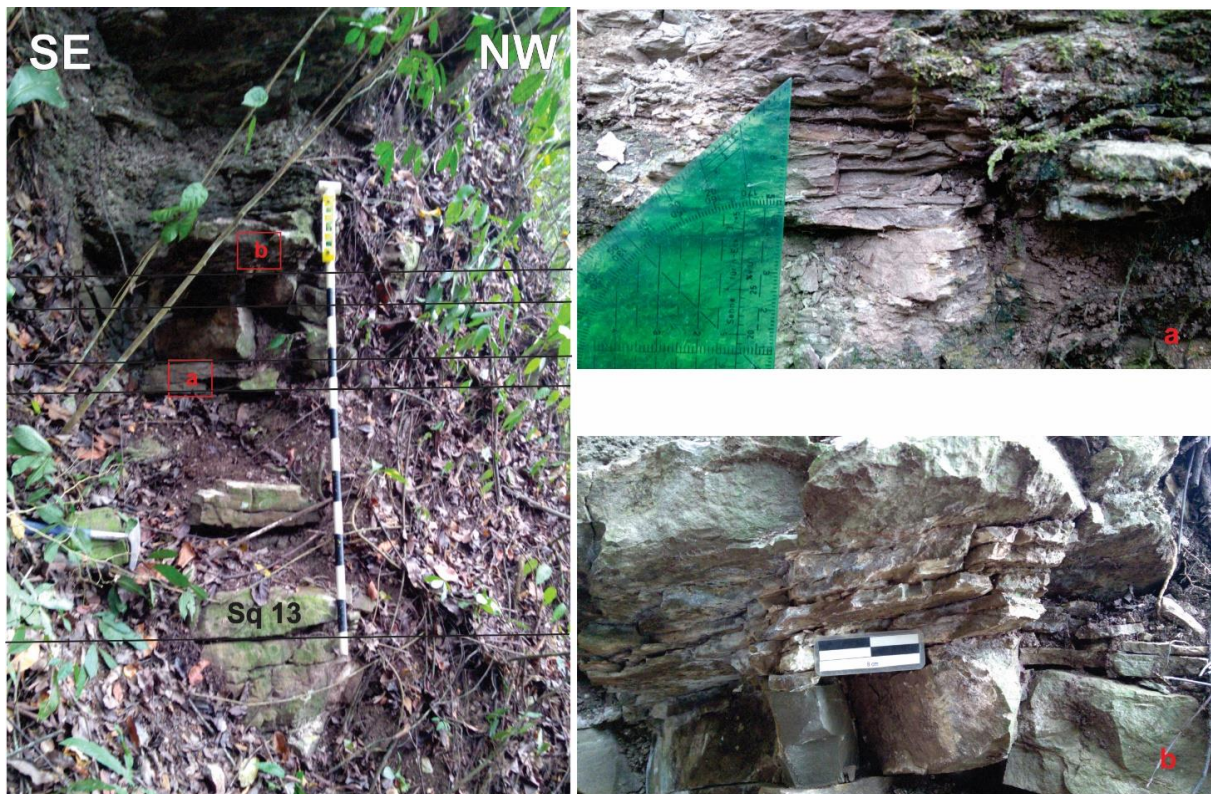


Figura 40. Base del segmento 13, compuesto por una capa fina de micrita arenosa el resto de micrita, la cual en medio presenta una laminación ligeramente ondulosa. a. Láminas de 0.5 cm de micrita con láminas de 1 mm de arcilla. b. Láminas de 1 cm de micrita con láminas de 1 mm de arcilla. Coordenadas X: 1°105.574, Y: 1°283.481

Segmento Q14 (74.3 m a 93.1 m). 18.8 m de cubierto

Segmento Q15 (93.1 m a 95.6 m)- Amff-c, AmffL-c. Segmento muy grueso de 2.5 m de Sublitoarenita de grano fino (56%), muy fino (36%) y grueso (1%); bien calibrada, con granos subredondeados a angulares y esféricos a subelongados. Con cuarzo (90%), líticos (9%) y feldespatos (1%). Los granos presentan contactos puntuales-flotantes y se encuentran embebidos en una matriz marrón moderadamente rojiza (10R 4/6) de lodo calcáreo (6%); cementada por carbonatos y minerales ferruginosos (8%), con porosidad alta (4%).

En medio de esta arenisca, se intercala una capa tabular media de 45 cm de Sublitoarenita lodosa de grano muy fino (57%); bien calibrada, con granos redondeados a subredondeados y esféricos a subelongados. Con cuarzo (85%), líticos (15%) y feldespatos (1%). Los granos presentan contactos puntuales-flotantes y se encuentran embebidos en una matriz marrón moderadamente rojiza (10R 4/6) de lodo calcáreo (40%); cementada por carbonatos y minerales ferruginosos (4%), con porosidad baja (2%). Los últimos centímetros de la capa la arenisca se encuentra alterando a suelo residual arenoso, lo que hace que los contactos con este sean difusos.

Segmento Q16 (95.6 m a 126 m). 30.4 m de cubierto

Segmento Q17 (126 m a 127,2 m) MA, M. Segmento de 1,2 m de espesor, el cual está compuesto por una intercalación que comienza a la base por una capa tabular media (20 cm) micrita arenosa con 50% de micrita color verde grisáceo claro (5Y 8/1); 28% de fragmentos de roca tamaño arena fina (18%) y arena media (10%), de formas subredondeadas a subangulares y subesféricas a subelongadas. La roca presenta 10% de espar, con porosidad baja (2%). En algunas partes la roca presenta laminas irregulares de un material negro brillantes, lo que podría ser esparita. Presenta patinas y venas de óxidos como limonita y hematita, de coloraciones naranjas y rojizas.

La intercalación termina en una capa tabular gruesa de 60 cm de espesor compuesta micrita (III_m:L) o wackstone con 80% de micrita color verde grisáceo claro (5Y 8/1) ; 8% de fragmentos de roca tamaño arena fina, de formas subredondeadas a subangulares y subelongados. La roca está compuesta por 10% de espar; con porosidad baja (2%).

Este segmento se encuentra en contacto neto con el siguiente segmento.

Segmento Q18 (127,2 m a 129,9 m) M-p, M-lp. Segmento de 2,7 m de espesor, el cual está compuesto a la base por capas tabulares gruesas de 80 y 60 cm que constan de micrita (III_m:L) o wackstone, intercalada, solo los primeros 20 cm, con láminas finas (0,1 cm) de arcilla con tonalidades amarillas moderadamente verdosas. La micrita contiene 88% de micrita color gris rosácea (10R 4/2); 2% de fragmentos de roca tamaño arena fina (1%) y gránulo (1%) con formas subredondeadas a subangulares y sub esféricas a sub elongadas. Contiene 8% de espar, con porosidad baja (2%). La última capa tabular de 60 cm no contiene laminación, pero si se evidencian pirita en las zonas donde se evidencia la textura original de la roca.

Los 1,30 metros correspondientes al techo del segmento constan de una capa muy gruesa de micrita muy meteorizada, casi formando parte del suelo residual, este estrato se encuentra en contacto difuso con la capa de suelo residual del siguiente segmento



Figura 41. Se observa el segmento 18 con la orientación de las capas. a) Acercamiento de la micrita arenosa del segmento 18 intercalada con las capas finas de arcilla, además se muestra la presencia de nódulos. Coordenadas X: 1'105.624, Y: 1'283.501

Segmento Q19 (129,9 m a 131,4). Segmento de 1,5 m de suelo residual de micrita de coloraciones gris rosáceas (10R 4/2).

Segmento Q20 (131.4 m a 132.9 m) M-blp, AmffffL-c. Segmento de 1.5 m dispuestos a la base por una capa media de 20 cm de Micrita (IIIIm:L) o Mudstone con 67% de micrita, color marrón oscuro amarillento (10YR 4/2); 7% de fragmentos de roca tamaño arena muy fina, de formas angulares a sub angulares y sub esféricos a elongados. La roca está compuesta por 24% espar; con porosidad baja (2%). Contiene minerales accesorios como la moscovita y presencia de bioturbación evidenciada por franjas de un material más arcilloso, lustroso y de color verde amarillo moderado (5GY 7/4).

Petrográficamente esta micrita evidencia una orientación preferencial de minerales y está compuesta por 72% de micrita y 2,6 % de espar (ver apéndice J)

Sublitoarenita arcillosa de grano muy fino (65%), fino (22%); bien calibrada, con granos redondeados a subangulares y esféricos a subelongados. Con cuarzo (92%), líticos (7%) y feldespatos (1%). Los granos presentan contactos flotantes y se encuentran embebidos en una matriz marrón moderadamente rojiza (10R 4/6) de lodo calcáreo (4%) y arcilla (9%); cementada por carbonatos y minerales ferruginosos (8%), con porosidad media (3%).

Los contactos entre las dos litologías presentes en el segmento son neto y difusos a base y techo, al estar en contacto con suelos residuales.

Segmento Q21 (132.9 m a 134.4 m). Capa muy gruesa (1.5 m) de suelo residual de un material que se observa de tamaño arena muy fina arcillosa similar al que se encuentra en el segmento anterior, el cual presenta una coloración marrón moderadamente rojizo (10R 4/6). Los contactos infra y supra yacente son difusos.

Segmento Q22 (134.4 m a 146 m). 11.6 m de cubierto

Segmento Q23 (146 m a 150,5 m) AmffL-c, Amff-c. Segmento de 4,5 metros, en el cual la base corresponde a una capa tabular de 1,20 que consta de Sublitoarenita limosa de grano muy fino (76%), fino (22%); bien calibrada, con granos redondeados a subangulares y esféricos a subelongados. Con cuarzo (91%), líticos (8%) y feldespatos (1%). Los granos presentan contactos flotantes y se encuentran embebidos en una matriz marrón moderadamente rojiza (10R 4/6) de lodo calcáreo (4%) y arcilla (9%); cementada por carbonatos y minerales ferruginosos (8%), con porosidad media (3%).

Suprayaciendo la capa anterior se encuentra un estrato tabular medio de 25 cm que consta de Sublitoarenita de grano muy fino (53%) y fino (40%); bien calibrada, con granos subredondeados, esféricos a subelongados. Con cuarzo (93%), líticos (6%) y feldespatos (1%). Los granos presentan contactos flotantes y se encuentran embebidos en una matriz marrón moderadamente rojiza (10R 4/6) de lodo calcáreo (4%) y arcilla (2%); cementada por carbonatos y minerales ferruginosos (7%), con porosidad baja (2%). En contacto neto esta arenisca se encuentra suprayaciendo una capa tabular gruesa (35 cm) de la arenisca muy fina limosa descrita a la base del segmento.

Los últimos 2,70 metros del segmento están distribuidos en capas tabulares gruesas de 1,50 y 1,20 metros de suelo residual de la arenisca muy fina de tonalidades rojizas amarronadas (10R 4/6).

Segmento Q24 (150.5 m a 153.5 m) M, LA-c. Segmento (3 m) que comienza con una capa tabular muy gruesa (1 m) de suelo residual arcilloso arenoso de tonalidades marrones pálidas (5YR 5/2). En contacto difuso, suprayaciendo esta capa, se encuentra un estrato grueso (50 cm) de micrita (III_m:L) o wackstone con 87% de micrita color verde moderadamente amarillo (5GY 7/4); 3% de fragmentos de roca tamaño arena fina, de formas subredondeadas a subangulares y subesféricos; la roca contiene 7% de espar, con porosidad media (3%).

Los 1,50 metros del tope corresponden a una intercalación, de estratos tabulares finos (10 cm), grueso (40 cm) y muy gruesos (1 m), de micrita (descrita anteriormente) y arcillolita arenosa con 30% de arena fina, de formas subredondeadas a subangulares, subesféricas a subelongadas, contactos flotantes entre los granos, y moderadamente calibrada; con matriz arcillosa (63%) ; cemento calcáreo (5%) y porosidad baja de 2%.

Segmento Q25 (153.5 m a 196.6 m). Segmento de 43.1 cm de cubierto

Segmento Q26 (196.6 a 206.6 m) Amff-c. Segmento de 10 metros de espesor que consta de una intercalación de suelo residual de arenisca y Sublitoarenita de grano muy fino (56%) y fino (37%); bien calibrada, con granos subredondeados a subangulares, esféricos a subelongados. Con cuarzo (93%), líticos (6%) y feldespatos (1%). Los granos presentan contactos flotantes y se encuentran embebidos en una matriz marrón moderadamente rojiza (10R 4/6) de limo calcáreo

(3%) y arcilla (3%); cementada por carbonatos y minerales ferruginosos (8%), con porosidad baja (2%).

Segmento Q27 (206.6 m a 220.1 m) MA, MA-blp, Amff-c. Segmento de 13, 5 metros que a la base y tope consta de una intercalación de micritas arenosas que varían en el porcentaje de fragmentos de roca y micrita, unas contienen 68 a 69% de micrita con colores rosado moderadamente anaranjado (10R 7/4) , marrón rojizo pálido (10R 5/4) y tonalidades gris (N5); 10 a 19% de fragmentos de roca con tamaños desde arena muy fina hasta media con gránulo, guijo y guijarro, formas subredondeadas a angulares y subelongadas. El porcentaje de espar varía entre 11 a 18%, y la porosidad es media (3%). Algunas micritas presentan patinas de limonita y hematita, bioturbación correspondiente posibles madrigueras rellenas de un material más arcilloso que la roca caja (ver figura 42), e intercalación con suelo residual de la misma litología.

En la parte del segmento afloran capas de sublitoarenita de grano fino (56%), muy fino (37%) y grueso (6%); bien calibrada, con granos subredondeados a subangulares, subesféricos a subelongados. Con cuarzo (76%), líticos (23%) y feldespatos (1%). Los granos presentan contactos flotantes y se encuentran embebidos en una matriz marrón moderadamente rojiza (10R 4/6) de lodo calcáreo (6%) y; cementada por carbonatos y minerales ferruginosos (10%), con porosidad media (3%).

Este segmento presenta contacto difuso con respecto a los segmentos supra e infrayacente.



Figura 42. Se observa el segmento 27 con la orientación de las capas y el suelo residual que se encuentra en la parte del segmento, dentro de las capas superiores de la foto se encuentra la roca con bioturbación a) Acercamiento del suelo residual del segmento. b) acercamiento de la micrita arenosa con grava del segmento. c) micrita arenosa con madrigueras Coordenadas X: 1°105.700, Y: 1°283.519

Segmento Qt (220.1 m a 227.9 m). 7.8 de cubierto

Segmento Q28 (227.9 m a 235.4 m) M, MA, MA-lp, MA-blp. Segmento de 7,5 metros que a la base consta de una intercalación de micritas arenosas que varían en el porcentaje de fragmentos de roca y micrita, unas contienen 62 a 68% de micrita con colores marrón claro (5YR 6/4) y amarillo pálido verdoso (10Y 8/2); 18 a 21% de fragmentos de roca con tamaños desde arena muy fina hasta media con gránulo, guijo y guijarro, formas subredondeadas a angulares y

subelongadas. El porcentaje de espar varía entre 11 a 12%, y la porosidad es alta (4%). Algunas micritas presentan pirita en las zonas donde se presenta la textura original de la roca y laminación plano paralela con un material arcilloso

Al tope del segmento , en contacto neto, se presentan capas tabulares muy gruesas de Micrita (IIIm:L) o Mudstone con 75% de micrita color marrón claro (5YR 5/6); 10% de fragmentos de roca tamaño arena muy fina (4%), gruesa (1%), gránulo (4%) y guijo (1%), con formas angulares a sub redondeados y elongados a sub esféricos; con espar (15%) y porosidad baja (2%), la cual se presenta en contacto difuso con el siguiente segmento que corresponde a suelo residual.

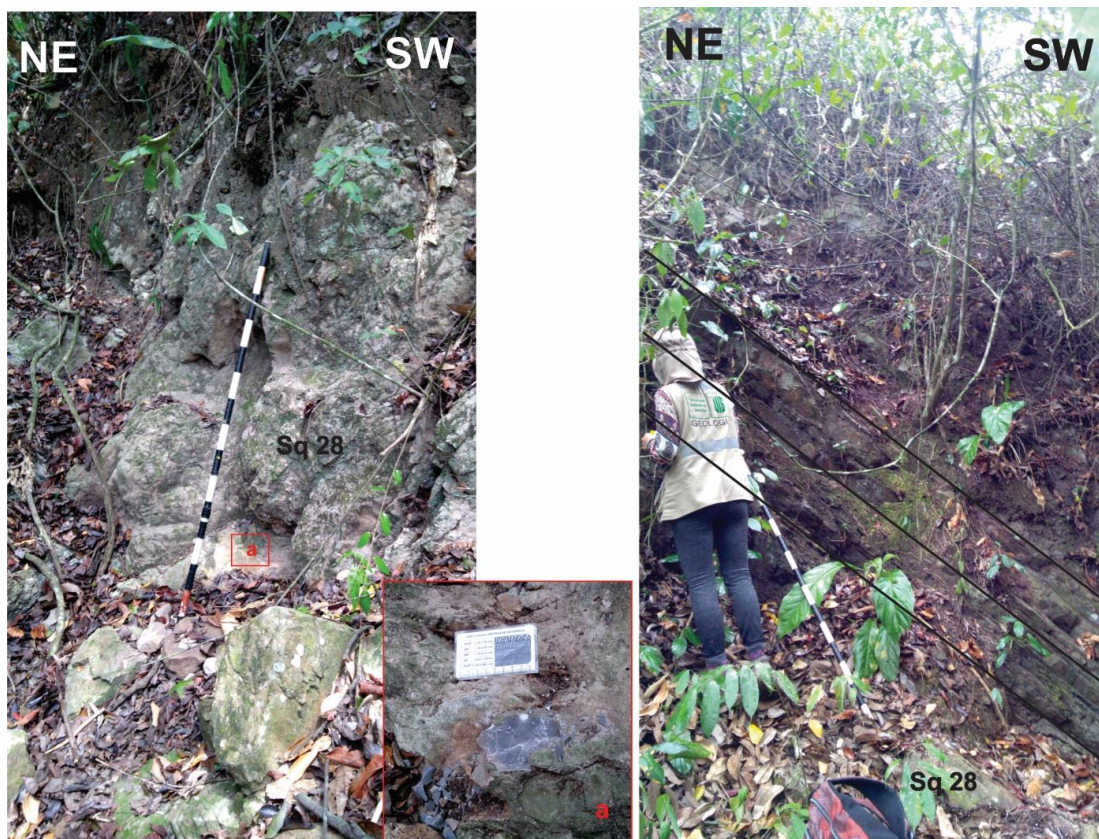


Figura 43. La fotografía de la izquierda corresponde a la intercalación de micrita arenosa, que se encuentra a la base del segmento 28, de las cuales algunas capas contienen nódulos como se

observa en el zoom a. En la fotografía de la derecha se aprecia la secuencia superior de micrita del segmento 28. Coordenadas X: 1'105.718, Y: 1'283.523.

Segmento Q29 (235.4 m a 236.5 m). Capa muy gruesa (1.1 m) de suelo residual de micrita arenosa, similar a la que se encuentra en el siguiente segmento, color verde claro (5G 7/4). En este caso las superficies de estratificación tanto inferior como superior, son difusas.

Segmento Q30 (236.5 m a 237.8 m) – MA. Capas gruesas (40-90 cm) de micrita arenosa con micrita (57%) color verde claro (5G 7/4) en las partes frescas y naranja moderadamente rojizo (10R 6/6) en las zonas meteorizadas, fragmentos de roca tamaño arena fina (12%), media (6%), gruesa (2%), muy gruesa (2%) y granulo (3%), con formas sub redondeadas y sub esféricos a sub elongados, espar (12%), porosidad alta (6%) y acumulaciones locales de pirita y materia orgánica, que impiden su alteración en esas zonas.

La geometría del segmento no es tan clara, ya que, aunque el contacto suprayacente es neto, el inferior es difuso, al estar en contacto con suelo residual como se describió anteriormente.

Segmento Q31 (237.8 m a 241.4 m) - MA, M. Segmento compuesto a la base por capas gruesas (60-90 cm) de micrita arenosa con micrita (63%), color naranja moderadamente rojizo (10R 6/6), fragmentos de roca tamaño arena fina (10%), media (7%), gruesa (3%), muy gruesa (1%), granulo (1%) y guijos (1%) con formas sub redondeadas a angulares y sub esféricos a elongados, espar (10%) y porosidad media (4%).

Al techo, por una capa muy gruesa (1.5 m) de micrita (III_m:L) o Mudstone con micrita (75%), color marrón pálido rojizo (10R 5/4), fragmentos de roca tamaño arena muy fina (8%), con

formas redondeadas a sub angulares y esféricas a sub esféricas, espar (15%), porosidad baja (2%) y minerales accesorios como pirita y moscovita.

La geometría del segmento no es clara, ya que, el contacto superior es difuso, al estar en contacto con suelo residual como se muestra en el siguiente segmento.

Segmento Q32 (241.4 m a 243.7 m). Capa muy gruesa (2.3 m) de suelo residual de micrita, similar al que se encuentra en el siguiente segmento, el cual presenta una coloración oliva grisáceo (10Y 4/2). En este caso las superficies de estratificación tanto inferior como superior, son difusas.

Segmento Q33 (243.7 m a 244.4 m) - M-blp. Capas gruesas (30-40 cm) de Micrita (III_m:L) o Mudstone con micrita (70%), color oliva grisáceo (10Y 4/2), fragmentos de roca tamaño arena muy gruesa (1%), muy fina (8%) y granulo (1%), con formas sub redondeados y sub esféricos a elongados, espar (18%) y porosidad baja (2%). Presenta bioturbación evidenciada por franjas de un material más arcilloso, lustroso y de color verde amarillo moderado (5GY 7/4), en la parte superior con laminación plana paralela entre, láminas gruesas de 1 cm, intercaladas con láminas finas de material arcilloso silíceo de 1 mm, color verde claro (5G 7/4).

La geometría del segmento no es tan clara, al estar en contacto infrayacente con un segmento de suelo residual y en contacto suprayacente con 5.9 m de cubierto, lo que dificulta la definición de las superficies de estratificación.



Figura 44. Micrita del segmento Q33. A. Presencia de una lámina de arcilla silícea, de color verde claro, en la parte superior de la micrita; sobre esta lámina se localizan principalmente los clastos tamaños granulo. B. La zona contorneada corresponde al material arcilloso y lustroso de color verde amarillento moderado que evidencia la bioturbación del segmento. Coordenadas X: 1°105.736, Y: 1°283.524.

Segmento Q34 (244.4 m a 250.3 m). 5.9 m de cubierto

Segmento Q35 (250.3 m a 260.8 m) - M, AmffL-c, Aff-c. Capas tabulares (1-0.5 m) de micrita (III_m:L) o Mudstone, con micrita (83%), color marrón pálido rojizo (10R 5/4), fragmentos de roca (5%) tamaño arena muy fina, con formas sub redondeadas a subangulares y sub esféricas a sub elongadas, espar (10%) y porosidad baja (2%).

Intercalada con sublitoarenita muy fina lodosa, con arena muy fina (70%), fina (21%), granulo (2%) y lodo calcáreo (7%), moderadamente calibrado, con formas redondeadas a subangulares y subesféricas a subelongadas, predominantemente de cuarzo (94%), feldespato (1%) y fragmento

líticos (5%), en contactos puntuales y flotantes, dentro de una matriz lodosa calcárea color marrón rojizo pálido (10R 5/4), cemento calcáreo y ferruginoso (8%) y porosidad media (3%).

La última litología, corresponde a sublitoarenita fina con arena fina (74%), muy fina (20%), limo (5%) y arcilla (1%), moderadamente calibrada, con formas subredondeadas y sub esféricas a sub elongadas, predominantemente cuarzo (94%) y fragmentos líticos (6%), en contactos puntual y en algunas partes tangencial, dentro de una matriz lodosa calcárea, color marrón rojizo pálido (10R 5/4), cemento calcáreo (8%) y porosidad baja (2%).

Este segmento presenta contactos difusos con los segmentos infra y suprayacente.

Segmento Qc1 (260.8 m a 292.5 m). Segmento cubierto de 31,7 metros.

Segmento Q36 (292.5 m a 301.5 m). Segmento (9 m) de suelo residual arenoso muy fina similar al que se encuentra en la base del segmento 35, el cual presenta una coloración marrón clara (5YR 5/6). Los contactos infra y supra yacente son difusos.

Segmento Q37 (301.5 m a 314.1 m). Segmento de 12,6 metros de cubierto

Segmento Q38 (314.1 m a 315.6 m) - AmffL-c. Capa (1,5 m) de sublitoarenita muy fina lodosa, con arena muy fina (70%), fina (20%), gruesa (1%), media (1%), granulo (1%) y lodo calcáreo (7%), moderadamente calibrado, con formas subredondeadas y subesfericas a subelongadas, predominantemente cuarzo (81%), feldespato (1%) y fragmentos líticos (18%), en contacto puntual y en algunas partes longitudinales, dentro de una matriz lodosa calcárea, color verde moderadamente amarillo (5GY 7/4), cemento calcáreo (8%) y porosidad media (3%).

Segmento Qc2 (315.6 m a 354.2 m). 38.6 m de cubierto.

Segmento Q39 (354.2 m a 439.7 m) – CcgaAL-c. Segmento (85.5 m) compuesto por varios bloques de diversos tamaños de conglomerado lítico calcáreo de guijo areno lodoso, clasto soportado, mal calibrada, con guijo (42%), de 1-3 cm desde el bastón 99 y del bastón 109 al 110 predominan de 0.5-2.5 cm; guijarro (2%) de 6.4-25 cm y esporádicamente hasta de 40 cm y granulo (24%); predominantemente de cuarzo (90%), clásticos (7-4%), chert (3-5%) y mármol (1%), con formas subredondeadas a angulares y subesféricas a elongadas, en contacto puntual y en algunas locaciones longitudinales dentro de una matriz areno lodosa color verde amarillento negruzco (5GY 5/2) hasta blanco en algunas partes al encontrarse reemplazando por sílice, con arena muy gruesa (3%), gruesa (6%), media (4%), muy fina (9%) y lodo calcáreo (10%), cemento calcáreo (15%) y porosidad baja (2%).

En cuanto a la geometría, no es clara en esta zona, al observarse como bloques discontinuos, erosionados, fracturados, con procesos de disolución y superficies de estratificación difusa.



Figura 45. A. De los pocos afloramientos in situ de los conglomerados presente al final de la columna de la Quebrada Ceylán, de donde se pudo obtener el dato de estratificación $39^{\circ}/62^{\circ}$. B. Bloques de conglomerados, como se presentan en la mayoría de la columna. C. Apariencia de los clastos, en contactos principalmente longitudinales y en menor proporción puntuales, en su mayoría longitudinales a subangulares, con fabrica desordenada. D. Evidente cambio de dimensión en los clastos tamaño guijo, variando de 6 a 7 cm a la base, de 1 a 2 en la parte media y de 3 a 5 cm al techo del bloque. E. Múltiples venas de calcita que se encuentran atravesando principalmente los clastos. Coordenadas X: 1'106.007, Y: 1'283.637.

9.1.3 Sección estratigráfica – Río Suratá

[illegible]

Figura 46. Columna estratigráfica simplificada sección Río Suratá.

Esta columna estratigráfica se levantó en la orilla norte del río Suratá debajo del puente hierro, aguas arriba, a 800 metros del fuerte norte de Carabineros, ubicado en el barrio Santos Bajos. Esta columna corresponde a la parte alta de la formación Tiburón, la cual consta de capas muy gruesas de conglomerados y capas medias, en menor proporción, de micrita arenosa. Por las condiciones del terreno no se realizó poligonal, pero si se constató la columna con bastoneo.

En total la sección suma 36 metros, de los cuales 3 m son cubiertos.

Sr1. X: 1'105 680 Y:1'282 990



Sr12. X: 1'105 686 Y:1'282 987

Figura 47. Localización de la sección Quebrada Ceylán. Imagen satelital tomada de Google Earth 2019

Segmento SR1 (0 m a 6 m) - MA-p. Capas tabulares de 1,5 y 1 m constituidas por micrita arenosa con micrita (57%), color amarillo grisáceo (5Y 8/4) y naranja grisáceo en las patinas de óxidos, fragmentos de roca tamaño arena fina (20%), arena muy gruesa (4%) y arena media (4%), de formas subredondeadas a subangulares y subesfericas a subelongadas, espar (25%) y porosidad media (3%). En algunas zonas la roca conserva su textura original, al poseer acumulaciones locales de materia orgánica y pirita, que impiden su deterioro.

El contacto con el segmento siguiente es difuso ya que corresponde a un segmento cubierto.



Figura 48. Vista general del segmento 1; a) y b) corresponde al zoom de los recuadros, los cuales muestran vestigios de la roca original, sin alterar. Coordenadas X: 1'105.680, Y: 1'282.990

Segmento SR2 (6 m a 9 m). Segmento de 3 metros de cubierto.

Segmento SR3 (9 m a 10,8 m) - MA, MA-cg. Segmento de 1,8 m, compuesto a la base por una capa tabular gruesa (1,1 m) de micrita arenosa con micrita (44%), color amarillo grisáceo

(5Y 8/4), fragmentos de roca tamaño arena fina (28%), arena media (2%) y guijo (2%), con formas subredondeadas a subangulares y subesféricas a subelongadas, espar (20%), porosidad baja (2%) y acumulaciones locales de guijo y granulo (ver figura 49-a)

Los últimos 50 cm corresponden a capas gruesas y medias de micrita arenosa con micrita (34%), color amarillo grisáceo (5Y 8/4), fragmentos de roca tamaño arena fina (28%), arena media (2%), guijos entre 2-3 cm (10%) y gránulo (2%), con formas subredondeadas a subangulares y subesfericas a subelongadas, espar (20%) y porosidad alta (4%)

El contacto es interdigitado con el estrato de conglomerado del siguiente segmento.

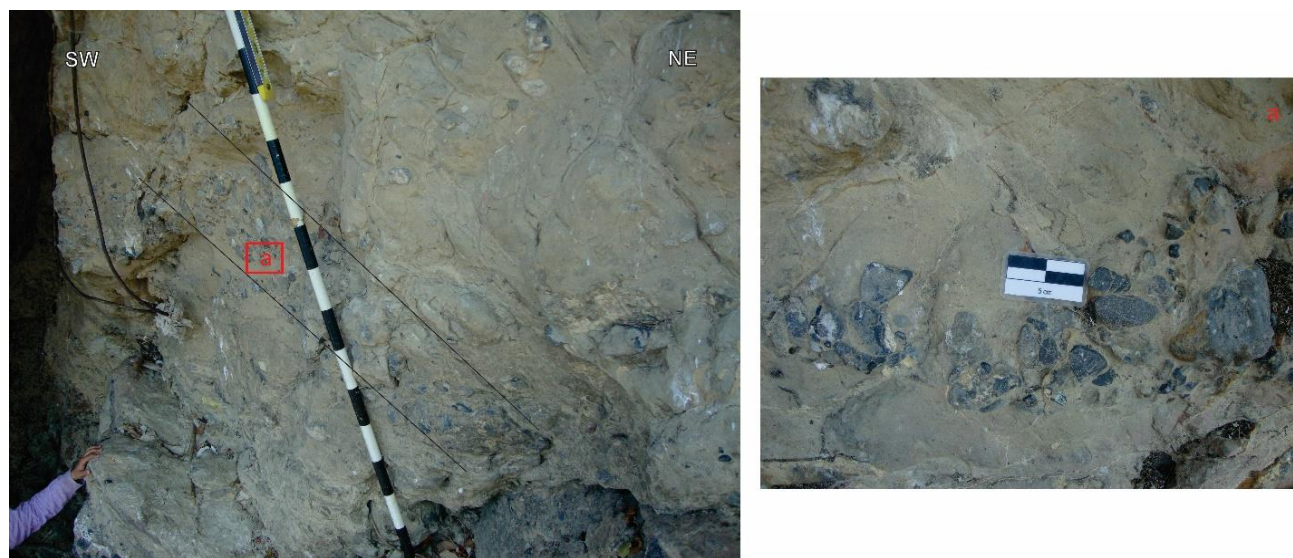


Figura 49. Vista general del segmento 3, donde se muestra la orientación de las capas; a) Acumulaciones locales de guijo. Coordenadas X: 1'105.680, Y: 1'282.990

Segmento SR4 (10,8 m a 15,4 m) - CmgaAL-c, MA, MA-cg. Segmento de 4,6 metros, compuesto de una intercalación (ver figura 50) entre micrita arenosa y conglomerado calcáreo de guijo areno lodoso, mal calibrado, con guijo de 1.5-5 cm (30%), gránulo (8%) y guijarro (2%), predominantemente de caliza (95%), clásticos (4%) y chert (1%), con formas subredondeadas a

angulares y subesfericas a elongadas, en contacto flotante y en algunas partes puntual, soportados en una matriz areno lodosa con arena gruesa (2%), media (10%), fina (32%), y lodo calcáreo (15%), color amarillo grisáceo (5Y 8/4), cemento calcáreo (25%) y porosidad baja (2%).

Micrita arenosa con micrita (53%), color amarillo grisáceo (5Y 8/4), fragmentos de roca con arena fina (15%), media (2%) y guijo de 0.5 cm (1 %) con formas subredondeadas a subangulares y subesfericas a elongadas, espar (25%) y porosidad alta (4%). Más hacia el tope, aumenta el contenido de guijo entre 2-3 cm (15%), granulo (5%) y guijarro (1%). Petrográficamente, los componentes corresponden a micrita (41.6%), espar (36%), microespar (7%), fragmentos de roca (14%), entre cuarzo monocristalino, líticos de mudstone y chert. (ver apéndice J)

Este segmento se encuentra en contacto neto con los conglomerados del siguiente segmento



Figura 50. Vista general del segmento 4, donde se muestra la orientación de las capas; a. Muestra la interdigitación entre el segmento 3 y 4. Coordenadas X: 1'105.680, Y: 1'282.990

Segmento SR5 (15,4 m a 18,8 m) - CmgAL-c, CcgAL-c, CcmgAL-cgi. Segmento de 3,4 m, a la base con capas muy gruesas de conglomerado lítico calcáreo de guijo areno lodoso, mal calibrado, con guijo de 1-3 cm (30%), gránulo (10%) y guijarro de 6.4-21 cm (4%), predominantemente de caliza (92%), clásticos (5%), chert (1%) y mármol (1%), con formas subredondeadas a subangulares, subesfericas a elongadas, en contactos flotantes y en algunas partes puntuales, soportados en una matriz areno lodosa color amarillo grisáceo (5Y 8/4) con arena muy gruesa (2%), media (4%), fina (42%), y lodo calcáreo (8%), cemento calcáreo (18%), y porosidad media (3%).

Suprayaciendo estas capas en contacto neto, se encuentran capas tabulares gruesas y muy gruesas (40 y 160 cm) de conglomerado lítico calcáreo de guijo areno lodoso clasto soportado (ver figura 51), mal calibrado, con gránulo (12%) y guijo (54%) de 0.5-1.5 cm a la base y 4-6 cm hacia el techo, es decir, con gradación inversa, predominantemente de caliza (92%), clásticos (5%), chert (1%) y mármol (1%), con formas subredondeadas a subangulares, subesfericas a elongadas, en contactos puntual dentro de una matriz areno lodosa color amarillo grisáceo (5Y 8/4), con arena fina (23%), arena media (1%), gruesa (1%) y lodo calcáreo (7%), cemento calcáreo (18%) y porosidad media (3%). Esta última capa se encuentra en contacto neto con el segmento suprayacente



Figura 51. Conglomerado de guijo areno lodoso clasto soportado del segmento 5. Coordenadas X: 1'105.680, Y: 1'282.990

Segmento SR6 (18,8 m a 19,5 m) - MA, CcgAL-c. Segmento de 70 cm de espesor que consta de una intercalación de capas tabulares medias (10 a 25 cm) de conglomerado y micrita arenosa (ver figura 52)

La micrita arenosa, consta de micrita (44%), color gris rosáceo (10R 4/2), fragmentos de roca tamaño arena fina (28%), arena media (2%) y guijo (2%), con formas subredondeadas a subangulares y subesféricas a subelongadas, espar (20%) y porosidad baja (2%).

El conglomerado lítico calcáreo es de guijo areno lodoso clastosoportado, mal calibrado, con guijo de 4-6 cm y 0.5-3 cm (54%) y gránulo (12%), predominantemente de caliza (94%), clásticos (2%) y chert (4%), con formas subredondeadas y subangulares, subesfericas a

elongadas, en contacto puntual, dentro de una matriz areno lodosa color amarillo grisáceo (5Y 8/4), con arena fina (23%), media (1%), gruesa (1%) y lodo calcáreo (7%), cemento calcáreo (18%) y porosidad media (3%).



Figura 52. Vista general del segmento 6, donde se muestra la orientación de las capas; a) muestra la intercalación presente en este segmento. Coordenadas X: 1'105.680, Y: 1'282.990

Segmento SR7 (19,5 m a 21 m) - CcgaAL-c, CmgaAL-c. Segmento de 1,5 m con dos capas tabulares gruesas (80 y 70 cm) de conglomerado. La primera de conglomerado lítico calcáreo de guijo areno lodoso clasto soportado, mal calibrado, con guijo de 1-2.5 cm (54%), gránulo (10%) y guijarro (3%), predominantemente de caliza (94%), clásticos (2%) y chert (4%), con formas subredondeadas a angulares y subesfericas a elongadas, en contacto principalmente puntual y en algunas ocasiones longitudinal, dentro de una matriz areno lodoso color amarillo grisáceo (5Y 8/4), con arena fina (22%), media (1%), gruesa (1%) y lodo calcáreo (9%), cemento calcáreo (18%) y porosidad baja (2%)



Suprayaciendo, en contacto neto, se encuentra un estrato tabular de 80 cm que consta de conglomerado lítico calcáreo de guijo areno lodoso, mal calibrado, con guijo de 1-4 cm (30%), gránulo (8%) y guijarro (2%), predominantemente de caliza (95%), clásticos (4%) y chert (1%), con formas subredondeadas a angulares y subesfericas a elongadas, en contactos flotante, soportados en una matriz areno lodosa, color amarillo grisáceo (5Y 8/4), con arena gruesa (2%), media (10%), fina (32%), y lodo calcáreo (15%), cemento calcáreo (25%) y porosidad baja (2%).

Segmento R8 (21 m a 24.3 m) - MA, CcmgAL-cgn , CcmgAL-cgi, CcgAL-c, CmgAL-c.

Intercalación entre micrita arenosa y conglomerados matriz y clasto soportados, en contactos netos y gradacionales entre capas tabulares finas, medias, gruesas y muy gruesas.

La micrita arenosa, contiene micrita (42%) color amarillo grisáceo (5Y 8/4), fragmentos de roca tamaño arena fina (15%), muy fina (18%) y media (4%) con formas sub redondeadas a subangulares y sub esféricos a sub elongados. espar (18%) y porosidad media (3%).

La transición a conglomerados de guijo areno lodoso de la primera capa (20 cm) inicia con clastos tamaño guijo (28%) de 0.5 a 1 cm, que van aumentando, hasta 5-6 cm, es decir, con gradación inversa, guijarro hasta de 9 cm (1%) y granulo (9%), con formas sub redondeadas a subangulares y sub esféricas a elongadas, en una fábrica desordenada, en contactos principalmente flotante, localmente puntual, y longitudinal, soportados en una matriz areno lodosa color amarillo grisáceo (5Y 8/4) con arena media (6%), muy fina (17%), fina (14%) y lodo calcáreo (25%), espar (20%) y porosidad baja (2%). Estos conglomerados cambian de matriz a clasto soportados y los últimos 40 cm se presentan guijarros de hasta 18 cm (7%) y aumenta el contenido de guijo (49%) de 3-5 cm a la base y 1-2 cm hacia el techo, es decir con gradación normal.

Segmento R9 (24.3 m a 25.7 m) - CcgaAL-c. Capa muy gruesa (1.4 m) de conglomerado lítico calcáreo de guijo areno lodoso (ver figura 53), clasto soportado, mal calibrado, con granulo (13%), guijarros de 9-15 cm (6%) y guijos de 4-6 cm (51%), principalmente de caliza (90%), clásticos (4%), chert (3%) y cuarcita (3%), con formas subredondeadas a angulares y subesfericas a elongadas, en contacto puntual dentro de una matriz areno lodosa color amarillo grisáceo (5Y 8/4) con lodo calcáreo (15%), de arena media (4%), muy fina (14%) y fina (7%), cemento calcáreo (18%) y porosidad baja (2%).

En cuanto a la geometría es tabular, con el contacto inferior y superior, interdigitado. Al techo de la unidad se empiezan a presentar lentes irregulares de matriz entre los conglomerados y a lo largo de todo el segmento se presentan venas de calcita que atraviesan tanto los clastos como la matriz.



Figura 53. Tope del conglomerado perteneciente al segmento R9, en el que se presentan lentes irregulares de matriz. Coordenadas X: 1°105.644, Y: 1°283.028

Segmento R10 (25.7 m a 28.3 m) - MA-cg. Capa muy gruesa (2.6 m) de micrita arenosa con micrita (38%), color amarillo pálido verdoso (10Y 8/2), fragmentos de roca tamaño arena fina (15%), muy fina (13%), media (2%), gruesa (1%), granulo (2%), guijo de 2-3 cm (2%) y guijarros de 7-13 cm (3%), de formas angulares a sub angulares y sub esféricos a elongados, espar (20%) y porosidad media (4%).

A partir del bastón 18, se presentan cuerpos discontinuos de conglomerados (ver figura 54-b), con dimensiones de 7-28 cm de largo y 4 cm de alto, con guijos de 3-5 cm y 0.5-2 cm. La

relación discontinua entre estas dos litologías, pueden dar a entender que los contactos son interdigitados a base y techo

Segmento R11 (28.3 m a 30.4 m) - CmgaAL-c, CcgaAL-c. A la base inicia con 20 cm de conglomerado lítico calcáreo de guijo areno lodoso, pobremente calibrado, con guijos de 3-5 cm (31%), guijarros hasta de 15 cm (2%) y granulo (13%), principalmente de caliza (90%), clásticos (2%), chert (3%) y cuarcita/ mármol (5%), con formas subredondeadas a angulares y sub elongado a sub esféricos, en contactos principalmente flotante, longitudinal y esporádicamente puntual, soportados en una matriz areno lodosa, color amarillo grisáceo (5Y 8/4) con lodo calcáreo (19%), arena muy gruesa (1%), media (5%), fina (16%) y muy fina (13%), cemento calcáreo (15%), porosidad alta (5%) y con múltiples venas de calcita que atraviesan la matriz y los clastos.

La última capa tabular muy gruesa (1 m) de conglomerado, cambia de matriz a clasto soportado con guijarros de hasta 30 cm (11%), guijos de 3-5 cm (34%) y granulo (9%). El contacto inferior es neto y el superior es gradacional con el siguiente segmento.

Segmento R12 (30.4 m a 36 m) - CmgaAL-c. Capas muy gruesas tabulares (1.1, 1.5, 2 y 1 m) de conglomerado lítico calcáreo de guijo areno lodoso, mal calibrado, con guijo (32%) y granulo (6%), principalmente de caliza, con formas subredondeadas a angulares y sub elongado a elongadas, en contacto principalmente flotante, longitudinal y esporádicamente puntual, soportados en una matriz areno lodosa color amarillo grisáceo (5Y 8/4), con lodo calcáreo (19%), arena muy gruesa (4%), gruesa (10%), media (13%) y fina (16%), cemento calcáreo (20%), porosidad baja (1%) y múltiples venas de calcita.

El contacto inferior es gradacional y el superior es difuso con el depósito aluvial del Río Suratá.

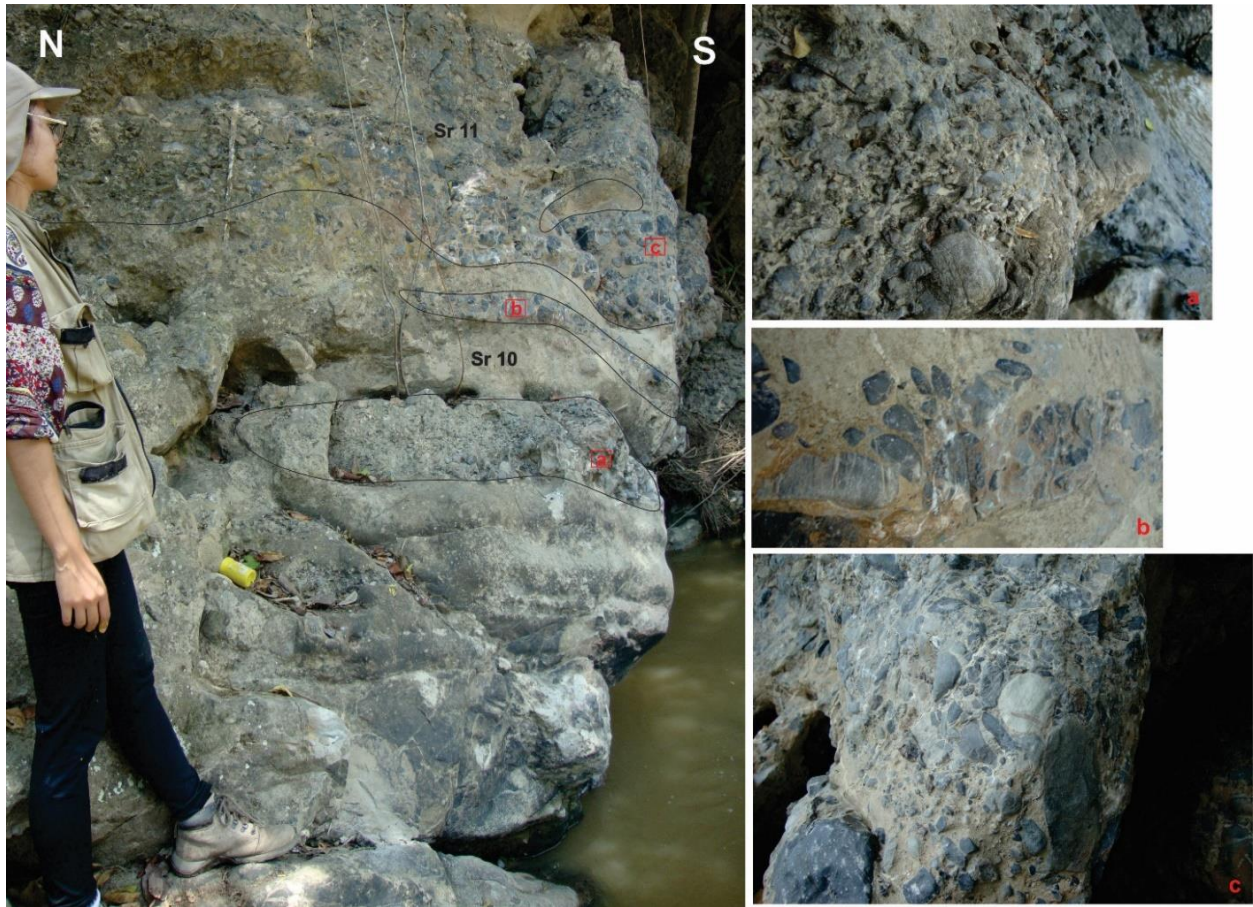


Figura 54. Contacto entre los segmentos R10 y R11, en el que se observan claramente los lentes irregulares de conglomerados en R10 y de matriz en R11; dichos remanentes litológicos en cada uno de los casos, puede dar a interpretar el contacto como interdigitado. a. Primer cuerpo de conglomerado de 30 cm de espesor. b. Lente de conglomerado de 10 cm de espesor, en el cual se observa como el eje mayor de los clastos se orienta en diversas direcciones, como es común de una fábrica desordenada, característica de los conglomerados de la Formación Tiburón. c. Conglomerado clasto soportado del tope del segmento R11, donde se observan bloques elongados de hasta 30 cm. Coordenadas X: 1°105.686, Y: 1°282.987

9.1.4 Sección estratigráfica – Planta de tratamiento de aguas AMB Vereda Angelinos

[illegible]

Figura 55. Columna estratigráfica simplificada de la planta de tratamiento de agua potable Vereda Angelinos AMB

Esta columna estratigráfica se levantó en la planta de tratamiento de agua potable vereda Angelinos, la cual se encuentra ubicada en cercanías de la vereda Bosconia. Dentro de la planta se encuentra aflorando 42 metros de roca por bastoneo y 38 m por poligonal, dentro de los cuales están conglomerados en capas gruesas, areniscas y micritas arenosas del tope de la Formación Tiburón, en contacto afectado tectónicamente con las areniscas conglomeráticas de la Formación Bocas.

P0. X: 1'105 962 Y:1'283 432 Z:842 m.s.n.m



P12. X: 1'105 961 Y:1'283 324 Z:840 m.s.n.m

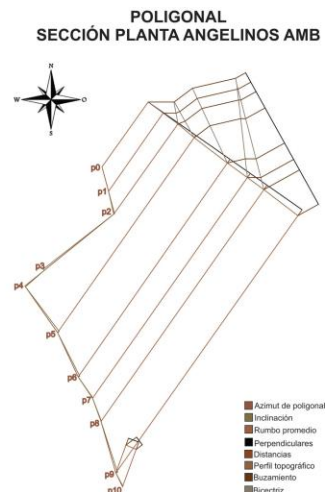


Figura 56. Localización de la sección Planta Angelinos AMB y su respectiva poligonal. Imagen satelital tomada de Google Earth 2019

Segmento P1 (0 m a 4.5 m) - CmgaAL-c. Segmento de 4.5 m, dividido en 3 capas muy gruesas (1.5 m) de conglomerado lítico calcáreo (ver figura 57), con guijos (1-6 cm) y guijarros (7 - 21 cm) muy fracturados y con formas sub redondeadas a angular y sub esférica a elongada, mal calibrado, muy meteorizado y fracturado, soportado en una matriz arenosa (50%) de color

naranja oscuro amarillento (10YR 6/6) mezclada con suelo arcillo arenoso de color marrón moderadamente rojizo (10R 4/6), el cual se observa en la parte inferior como un nivel acuñado contrario a la estratificación de aproximadamente 60 cm, con un porcentaje menor de la porción guijo (0.5 - 5 cm).

Actualmente el porcentaje de cemento es aproximadamente de 6% por esa apariencia poco consolidada, pero normalmente el cemento de los conglomerados de Tiburón es del 15% - 20% como se registra en el tercer segmento. La superficie de estratificación con el siguiente segmento es difusa al tratarse de suelo residual.



Figura 57. Segmento P1 en donde se muestra su aspecto altamente meteorizado y fracturado. En la parte inferior se observa una capa de suelo arcillo arenoso de color marrón moderadamente rojizo, el cual se encuentra atravesando la estratificación (Saa). Coordenadas X: 1°105.962, Y: 1°283.432

Segmento P2 (4.5 m a 6 m). Capa muy gruesa (1.5 m) de suelo areno lodoso (ver figura 58-b) color marrón moderadamente amarillento (10YR 5/4), con fragmentos de roca arena media en su mayoría, gránulos y guijos, con formas angulares. El contacto es difuso a la base y al techo.

Segmento P3 (6 m a 10.7 m) - CcgaAL-c. Segmento (4.7 m), compuesto de capas muy gruesas y gruesas de conglomerado lítico calcáreo clasto soportado (ver figura 58) con guijos de 3-5 cm (31%), gránulo (10%) y guijarro (18%), con formas elongadas a subesfericas y angulares a subredondeadas, en contactos puntuales, algunos longitudinales y otros flotante dentro de una matriz areno lodosa color amarillo moderado (5Y 7/6) con granos de arena gruesa (10%), media (8%), muy gruesa (4%), fina (6%) y lodo calcáreo (13%). Cemento calcáreo (20%), porosidad baja (2%) y pobremente calibrado en una fábrica desordenada, altamente fracturada y rellena por venas de calcita con espesores de 0.5 a 3 cm.

En cuanto a la geometría de las capas es tabular, con superficies estratigráficas netas, pero en total del segmento, difusas a base y techo.



Figura 58. Segmento P3 dispuesto en capas que se orientan de acuerdo al plano de estratificación 35°/36°. a: Apariencia del conglomerado de Tiburón, en donde se observa que todos los clastos son de caliza y se encuentran muy mal calibrados. b: Detalle del suelo areno lodoso que compone SP2. Coordenadas X: 1'105.962, Y: 1'283.432

Segmento Pn (10.7 m a 18 m) - CmgaAL-c, AmeLC-c. Segmento de 7.3 m, compuesto de capas muy gruesas de conglomerado lítico calcáreo con granulo (6%) y guijo (33%), de formas elongadas a subesféricas y angulares a subredondeadas, mal calibrado, en contactos flotantes y esporádicamente longitudinales dentro de una matriz areno lodosa, color amarillo grisáceo (5Y 8/4) con arena media (6%), fina (12%), muy fina (40%) y lodo calcáreo (3%). unidos por cemento calcáreo (15%) y porosidad media (3%)

En medio de los conglomerados se presenta una capa muy gruesa de litoarenita media lodosa conglomerática con arena muy fina (24%), fina (20%), media (28%), gruesa (8%), guijo (6%), granulo (2%) y lodo calcáreo (12%), con formas subredondeadas a angulares y subesféricas a elongadas, cuarzo predominante (73%), feldespatos (2%) y fragmentos líticos (25%), pobremente calibrada, en contactos puntual, embebidos en una matriz areno lodosa (30%), color amarillo grisáceo (5Y 8/4), con cemento calcáreo (12%) y porosidad media (3%).

En cuanto a la geometría de este segmento no es clara, al verse tan meteorizado, fracturado, relleno por múltiples venas de calcita, entre otros factores que además vuelven difusas sus superficies estratigráficas superior e inferior.

Segmento P4 (18 m a 20.5 m) - AmffL-c. Segmento de 2.5 m, muy meteorizado a la base; de sublitoarenita muy fina limosa, con arena fina (23%), muy fina (56%), limo (17%) y arcilla (4%), moderadamente calibrada, con granos redondeados a subangulares y sub esféricos a sub elongados, cuarzo predominante (80%), feldespato (5%) y fragmentos líticos (15%),

moderadamente calibrada, en contactos puntual y en ocasiones flotante, embebidos en una matriz de color gris claro pardusco (5YR 6/1), con cemento calcáreo (6%) y porosidad alta (6%).

En cuanto a la geometría de este segmento, se observa en la parte fresca de la roca, como medianas capas tabulares (30 cm), plegadas, meteorizadas, en contacto difuso a la base y techo.

Segmento P5 (20.5 m a 21.5 m) - Amff-c. Capa muy gruesa (1 m), compuesta de arenisca fina , con arena fina (50%), muy fina (34%), media (7%), limo (8%) y arcilla (1%), bien calibrada, con granos sub redondeadas a angulares y elongados a sub esféricos, cuarzo predominante (73%), feldespato (2%) y fragmentos líticos (25%), en contactos puntual dentro de una matriz lodosa calcárea de color gris claro (N7), con cemento calcáreo (6%) y porosidad alta (5%).

La superficie de estratificación con la capa infrayacente es gradacional, mientras que con las capas suprayacentes es neto, este cambio es muy distintivo, ya que la litología superior se ve más competente y menos afectada por la meteorización, que las rocas que componen el segmento P4 y P5

Segmento P6 (21.5 m a 23 m) - AfL-clo, CmgaAL-c. Capa muy gruesa (1.3 m) de litoarenita fina limosa con arena fina (48%), muy fina (27%), media (11%), limo (12%) y arcilla (2%), bien calibrada, con granos sub redondeadas a angulares y elongados a sub esféricos, cuarzo predominante (68%), feldespato (2%) y fragmentos líticos (30%), en contactos puntuales dentro de una matriz lodosa calcárea (12%), color naranja grisáceo (10YR 7/4), cemento calcáreo (12%), porosidad media (3%) y laminación ligeramente ondulosa con arena media.

Hacia el techo, se encuentra interdigitado con una capa media (20 cm) de conglomerado lítico calcáreo de guijo areno lodoso, matriz soportado, pobremente calibrado, con arena fina (15%), media (20%), gruesa (8%), muy gruesa (4%), lodo calcáreo (12%), guijo (25%), granulo (15%) y guijarro (1%), con formas sub redondeadas a angulares y elongados a sub esféricos, en contactos flotantes y en ocasiones puntuales, dentro de una matriz areno lodosa de color naranja grisáceo (10YR 7/4), cemento calcáreo (16%) y porosidad media (3%).

La geometría del segmento es tabular, con el contacto infrayacente neto y el suprayacente gradacional.

Segmento P7 (23 m a 26.7 m) - CcgaAl-c. Capas muy gruesas (1.5 m) y gruesa (70 cm) de conglomerado lítico calcáreo de guijo areno lodoso calcáreo, clasto soportado, pobremente calibrado, con guijo de 1-3.5 cm (44%), guijarro de hasta 13 cm (1%) y granulo (16%); principalmente de caliza (93%), clásticos (6%) y chert (1%), con formas subredondeadas a angulares y subelongadas a elongadas, en contactos principalmente puntual y en algunas locaciones longitudinal dentro de una matriz color verde moderadamente amarillo (5GY 7/4), con arena muy gruesa (2%), gruesa (4%), media (16%), fina (7%) y lodo calcáreo (10%), cemento calcáreo (18%) y porosidad media (3%).

Debido a que el afloramiento se encuentra muy fracturado, discontinuo y cubierto de material no consolidado, la geometría no es clara y el contacto con el segmento superior es difuso.

Segmento P8 (26.7 m a 28 m) - MA-p. Segmento compuesto por dos capas gruesas (80 y 50 cm) de micrita arenosa con micrita (62%) color marrón claro (5YR 6/4), lito clastos (25%), arena fina (8%), muy fina (12%) y granulo (5%) de formas subredondeadas a subangulares y sub

esféricas a elongadas, espar (10%) y porosidad media (3%). En algunas zonas la roca conserva su textura original, al poseer acumulaciones locales de materia orgánica y pirita, que impiden su deterioro.

Aunque el contacto suprayacente es neto, al ser el infrayacente difuso, la geometría del segmento no es clara, además de que lateralmente esta capa se encuentra muy meteorizada, en donde entra en contacto con la vegetación plantada en esa zona.

Segmento P9 (28 m a 28.8 m) - AmffLi-ccg. Capa gruesa (80 cm) de litoarenita fina limosa con arena muy fina (22%), fina (44%), media (22%), limo (10%) y arcilla (2%), moderadamente calibrada, con formas subredondeadas a subangulares, subesféricas a elongadas, cuarzo predominantemente (73%), feldespato (2%) y fragmentos líticos (25%), en contactos puntuales dentro de una matriz lodosa calcárea (10%), color oliva pálido (10Y 6/2) y en ciertas zonas más limosas, naranja pálido amarilloso (10YR 8/6), cemento calcáreo (6%) y porosidad media (4%).

Hacia la base se encuentra un lente de conglomerado guiño arenoso, matriz soportado, de 14 cm de alto y 23 cm de largo, con clastos tamaño guiño de 0.5 a 3.5 cm, subangulares en su mayoría, a redondeados y sub elongados a elongados. El contacto con el siguiente segmento es neto, junto con el contacto inferior y la geometría es tabular.

Segmento P10 (28.8 m a 29.2 m) – MA. Capa gruesa tabular (40 cm), en contacto gradacional hacia la base y neto hacia el techo, de micrita arenosa con micrita (53%), color amarillo negruzco (5Y 6/4), lito clastos arena fina (13%), muy fina (16%), media (3%), gruesa (1%) y granulo (1%), con formas subredondeadas a subangulares y subesféricas a sub elongadas, espar (8%) y porosidad alta (5%).

Segmento P11 (29.2 m a 29.7 m) - CmgaAL-c. Capa tabular (50 cm), en contacto neto hacia la base y techo, compuesta de conglomerado lítico calcáreo de guijo areno lodoso (ver figura 59-a), pobremente calibrado, con guijo de 2 – 3.5 cm (34%), guijarro hasta de 10 cm (1%) y gránulo (13%), predominantemente de caliza (93%), clásticos (6%) y chert (1%), con formas subredondeadas a angulares y subelongadas a elongadas, en contactos principalmente puntual y en algunas locaciones longitudinal y flotante, soportados dentro de una matriz color verde moderadamente amarillo (5GY 7/4), con arena fina (37%) y lodo calcáreo (15%), cemento calcáreo (18%) y porosidad media (3%).

Segmento P12 (29.7 m a 32 m) - AmffLi-ccg. Segmento de 2.3 m compuesto por capas medias y gruesas, de litoarenita fina limosa, mal calibrada, con arena muy gruesa (2%), gruesa (2%), media (20%), fina (50%), limo (25%) y arcilla (1%), con formas subredondeadas a angulares y subesféricas a elongadas, predominantemente cuarzo (74%), feldespato (1%) y fragmentos de roca (25%), en contactos flotantes y en ocasiones puntuales, dentro de una matriz lodosa calcárea color rosado moderadamente naranja (10R 7/4), con cemento calcáreo (7%) y porosidad media (4%).

El contacto superior es neto, al igual que el inferior, con la diferencia de que, hacia la base, se encuentran algunas acumulaciones de guijos de 0.5 a 1 cm. (ver figura 59-a)

Segmento P13 (32 m a 33 m) - M-p. Capa muy gruesa (1 m) de Micrita (IIIIm:L) o Mudstone, con micrita (75%) color marrón pálido rojizo (10R 5/4), fragmentos de roca arena muy gruesa (1%), media (6%) y fina (3%), con formas sub redondeadas a sub angulares y sub esféricas a

elongada, espar (13%) y porosidad baja (2%). En algunas zonas la roca conserva su textura original, al poseer acumulaciones locales de materia orgánica y pirita, que impiden su deterioro.

A la base el contacto es neto y al techo es difuso, lo que dificulta la definición de la geometría de la capa.



Figura 59. Contacto neto entre los segmentos P9, P10, P11, P12 y P13, mostrando su geometría tabular y la gran afectación que sufren las rocas por la vegetación presente en la parte superior del afloramiento. a: Conglomerado matriz soportado del segmento P11 b: Acumulación de clastos tamaño guijo y granulo a la base del segmento P12. Coordenadas X: 1'105.933, Y: 1'283.390

Segmento P14 (33 m a 33.5 m) – MA. Capa gruesa (80 cm) de micrita arenosa con micrita (51%) color rosado moderadamente naranja (5Y 8/4), litoclásticos arena muy fina (20%), fina

(11%), muy gruesa (1%) y media (4%), con formas subangulares a sub redondeadas, cemento calcáreo (7%) y porosidad muy alta (6%).

Debido a que esta capa se encuentra alterando a suelo residual, definir la geometría se vuelve un poco tedioso y los contactos tanto infrayacente como suprayacente son difusos.

Segmento P15 (33.5 m a 34.1 m). Capa gruesa de 60 cm de espesor de suelo residual de arena fina, color naranja muy pálido (10YR 8/2).

Segmento P16 (34.1 m a 34.3 m) - CmgaAL-c. Segmento que consta de capas tabulares medias de conglomerado lítico calcáreo de guijo arenoso, mal calibrado, con guijo de 1-2 cm (34%), gránulo (11%), guijarro (2%), arena fina (34%), gruesa (4%), media (17%), predominantemente de caliza (95%), clásticos (4%) y chert (1%), con formas subredondeadas a angulares y subesféricas a elongadas, en contactos puntual a tangencial, soportados en una matriz arenosa color naranja amarillento pálido (10YR 8/6), muy meteorización, oxidada y fracturada, con venas de calcita, cemento calcáreo (10%) y porosidad alta (4%). Contactos difusos a base y techo.

Segmento P17 (34,3 m a 34,5 m) - AmffL-c. Capa tabular media (20 cm) de sublitoarenita fina lodosa con arena fina (63%), media (23%), gruesa (1%) y lodo calcáreo (13%), moderadamente calibrada, formas subredondeadas a angulares y subesfericas a elongadas, predominantemente cuarzo (78%), feldespatos (2%) y fragmentos líticos (20%), contactos puntuales dentro de una matriz de lodo calcáreo color rosado naranja grisáceo (10R 8/2), en las

partes meteorizadas blancas (N9) y naranjas amarillentas oscuras (10YR 6/6), cemento calcáreo (8%) y porosidad alta (4%).

El contacto tanto con el segmento superior e inferior es difuso, ya que las rocas de ambos segmentos se encuentran alteradas y haciendo parte del suelo residual.

Segmento P18 (34,5 m a 35 m) - CmgaAl-c. Capa gruesa, tabular (50 cm) de conglomerado lítico calcáreo de guijo arenoso, mal calibrado, con guijo de 0.4-2.5 cm (30%), gránulo (11%), predominantemente de caliza (97%) y clásticos (3%), con formas subredondeadas a angulares y sub esféricas a elongadas, en contactos flotantes soportados en una matriz color amarillo pálido (10YR 8/6) con arena fina (40%), media (15%), gruesa (2%) y lodo calcáreo (2%), cemento calcáreo (9%) y porosidad media (4%).

Debido a que esta capa se encuentra muy meteorizada definir la geometría se vuelve un poco tedioso y los contactos tanto infrayacente como suprayacente son difusos.

Segmento P19 (35 m a 35.8 m) – MA. Capa gruesa (80 cm) de micrita arenosa con micrita (51%), color rosado moderadamente naranja (5Y 8/4), fragmentos de roca tamaño arena muy fina (20%), fina (11%), muy gruesa (1%) y media (4%), con formas subangulares a sub redondeadas, cemento calcáreo (7%) y porosidad muy alta (6%).

Este estrato presenta superficies de estatificación difusas con las capas supra e infrayacente.

Segmento P20 (35.8 m a 36,2 m) – MA. Capa gruesa (40 cm) de micrita arenosa con micrita (60%), color marrón claro (5YR 6/4), fragmentos de roca tamaño arena muy fina (15%), media

(5%), granulo (1%) y guijo (2%), con formas subredondeadas a subangulares y subesfericas a elongadas, espar (13%) y porosidad media (4%).

La roca de este segmento se encuentra fracturada y el dato de estratificación presenta leves variaciones en su buzamiento, debido a la acción tectónica. Los contactos tanto infrayacente como suprayacente son difusos

Segmento P21 (36,2 m a 36,4 m) - CmgaAL-c. Capa media (20 cm) de conglomerado lítico calcáreo guijo areno lodoso, mal calibrado, con guijo de 1-3 cm (30%) y gránulo (15%), con formas subredondeados a angulares y sub esféricas a elongadas, en contactos flotantes y algunos puntuales, soportados en una matriz areno lodosa color naranja moderadamente rojizo (10R 6/6) con arena fina (25%), muy fina (15%), gruesa (4%), muy gruesa (2%) y lodo calcáreo (10%), cemento calcáreo (9%) y porosidad baja (1 %).

Con respecto a las superficies de estratificación, este segmento se encuentra en contacto difuso con el segmento infrayacente y neto con el suprayacente

Segmento P22 (36,4 m a 37,5 m). Segmento de 1,1 m que consta de suelo residual de micrita arenosa color rosado moderadamente naranja (10R 7/4).

Segmento P23 (37.5 m a 39 m) – MA. Capas gruesas (80-70 cm) de micrita arenosa con micrita (51%), color rosado moderadamente naranja (5Y 8/4), fragmentos de roca tamaño arena muy fina (20%), fina (11%), media (4%) y muy gruesa (1%), con formas subangulares a sub redondeadas, espar (7%) y porosidad muy alta (6%).

Petrográficamente, la roca dio como resultado micrita (63%), espar (1.8%), fragmentos de roca (19%), la mayoría de cuarzo y en menor proporción de cuarcita, calcita, microesparita y como mineral accesorio moscovita. La tonalidad rosada es dada por la alta presencia de óxidos ferruginosos. (ver apéndice J)

Este estrato presenta superficies de estatificación difusas con las capas supra e infrayacente.

Segmento P24 (39 m a 39,7 m) - AmffLi-ccg. Capa gruesa (70 cm) de litoarenita muy fina limosa con arena muy fina (28%), fina (30%), media (18%), gruesa (5%), muy gruesa (1%), granulo (1%), limo (15%) y arcilla (2%), con acumulaciones locales de guijos de 0.5-1 cm en la parte media, moderadamente calibrada, formas subredondeadas a angulares y sub esféricas a elongadas, predominantemente cuarzo (73%), feldespato (2%) y fragmentos líticos (25%), contactos puntuales y tangenciales dentro de una matriz de lodo calcáreo color marrón moderadamente olivas (5Y 4/4), en las partes meteorizadas naranja y rojo debido a los óxidos, cemento calcáreo (10%) y porosidad baja (2%).

El contacto con el segmento inferior es difuso, ya que la roca del segmento 23 al final se encuentra meteorizada; con respecto al segmento superior, el contacto es interdigitado, intercalándose las dos areniscas.

Segmento P25 (39,7 m a 40,8 m) - AmfLC-c. Capa media (1,1 m) de litoarenita muy fina lodosa conglomerática, con arena muy fina (44%), fina (20%), gruesa (5%), granulo (5%), guijo (7%) y lodo calcáreo (19%), moderadamente calibrada, formas subangulares a angulares y sub elongadas a elongadas, predominantemente cuarzo (74%), feldespato (1%) y fragmentos líticos (25%), contactos puntuales y esporádicamente flotantes dentro de una matriz lodosa calcáreo

color marrón moderadamente olivas (5Y 4/4), en las partes meteorizadas naranja y rojo debido a los óxidos, cemento calcáreo (10%) y porosidad media (3%).

La roca en el tope del segmento se encuentra muy meteorizada a tal punto de que la misma se disgrega, haciendo parte del suelo residual.

Segmento P26 (40,8 m a 42 m). Segmento de 1,2 m de suelo residual arenoso color amarillo moderadamente verdoso (10R 7/4).

Segmento P27 – Formación Bocas (42 m a 45 m). Segmento de 3 m que consta a la base de una capa tabular muy gruesa (1.4 m) de sublitparenita fina con arena fina (57%), arena muy fina (34%), limo (8%), y arcilla (1%), bien calibrada, con formas subredondeadas a angulares y sub esféricas a elongadas, predominantemente cuarzo (80%), feldespato (2%) y fragmentos líticos (18%), en contactos puntuales dentro una matriz lodosa calcárea color amarillo moderadamente verdoso (10R 7/4), cemento calcáreo (8%) y porosidad alta (4%).

En medio de esta litología, se encuentra en contacto gradacional, un estrato de litoarenita media con arena media (68%), fina (20%), muy gruesa (2%), gruesa (1%), limo (8%) y arcilla (1%), mal calibrada, con formas subredondeadas a angulares y sub esféricas a elongadas, predominantemente cuarzo (73%), feldespato (2%) y fragmentos líticos (25%), contactos puntuales y tangenciales, dentro de una matriz lodosa color amarillo moderadamente verdoso (10R 7/4), cemento calcáreo (8%) y porosidad alta (4%).

El contacto con el segmento inferior es difuso, y con el segmento suprayacente es neto.

Segmento P28 Formación Bocas (45 m a 45.2 m). Capa tabular media (20 cm) de Micrita arenosa con micrita (48%) color gris (N3), fragmentos de roca tamaño arena fina (20%), con formas subangulares a sub redondeadas, cemento calcáreo (30%) y porosidad muy baja (2%).

El estrato presenta superficies de estatificación netas con las capas supra e infrayacente.

Segmento P29 Formación Bocas (45.2 m a 48 m). Segmento de 2,8 metros que consta de una intercalación de capas medias y muy gruesas (0.1, 0.4, 1 y 1.30 m) de arenisca muy fina limosa y arenisca fina; el contacto entre estas capas es gradacional.

Sublitoarenita muy fina limosa, con arena muy fina (69%), fina (17%), limo (11%), y arcilla (3%), bien calibrada, con formas subredondeadas a angulares y subesféricas a elongadas, predominantemente cuarzo (79%), feldespato (1%) y fragmentos de roca (10%), en contactos puntuales y tangenciales dentro de una matriz lodosa color verde moderadamente amarillo (5GY 7/4), cemento calcáreo (5%) y porosidad alta (4%)

En la parte media, en contacto gradacional, se encuentra un estrato tabular de litoarenita feldespática fina con arena fina (50%), media (31%), muy fina (11%), limo (6%) y arcilla (2%), moderadamente calibrada, con formas subredondeadas a angulares y subesféricas a subelongadas, predominantemente cuarzo (65%), feldespato (5%) y fragmentos líticos (30%), contactos puntuales dentro de una matriz lodosa, color verde amarillo grisáceo (5Y 8/4), cemento calcáreo (6%) y porosidad alta (4%).

Con respecto a las superficies de estratificación, este segmento se encuentra en contacto neto con el segmento infrayacente y suprayacente

Segmento P30 Formación Bocas (48 m a 48.2 m). Capa tabular media (20 cm) de Micrita arenosa con micrita (50%) color gris (N3), fragmentos de roca tamaño arena fina (18%), con formas subangulares a sub redondeadas, cemento calcáreo (30%) y porosidad baja (2%). La roca se encuentra bastante meteorizada mostrando coloraciones naranjas debido a la oxidación

Este estrato presenta superficies de estatificación netas con las capas supra e infrayacente.

Segmento P31 Formación Bocas (48.2 m a 49.5 m). Segmento de 1,30 metros, constituido por una capa tabular media (1.15 m) de arenisca muy fina lodosa, en contacto gradacional con otra capa tabular media (0,15 cm) de arenisca fina.

El estrato de sublitoarenita muy fina lodosa contiene arena muy fina (61%), fina (18%), limo (10%) y arcilla (10%), moderadamente calibrada, con formas subredondeadas a subangulares y subesféricas a subelongadas, predominantemente cuarzo (88%), feldespato (2%) y fragmentos líticos (10%), en contactos puntual y en menor proporción flotante, dentro de una matriz lodosa color gris medio (N5), cemento calcáreo (13%) y porosidad muy alta (5%).

Suprayaciendo está capa, se presenta el estrato tabular medio de sublitoarenita fina con arena fina (56%), media (20%), muy fina (15%), limo (8%) y arcilla (1%), moderadamente calibrado, con formas subredondeadas a subangulares y subesféricas a subelongadas, predominantemente cuarzo (85%), feldespato (2%) y fragmentos líticos (13%), contactos puntuales dentro de una matriz lodosa, cemento calcáreo (6%) y porosidad alta (4%).

Este segmento se encuentra en contacto neto con el segmento infrayacente y suprayacente

Segmento P32 Formación Bocas (49.5 m a 49.7 m). Capa tabular media (20 cm) de Micrita arenosa con micrita (40%) color gris medio (N5), fragmentos de roca tamaño arena fina (30%),

con formas subangulares a sub redondeadas y subelongadas, cemento calcáreo (28%) y porosidad baja (2%).

Esta capa se encuentra en contacto neto con las areniscas de los segmentos supra e infrayacente

Segmento P33 Formación Bocas (49.7 m a 53.5 m). Segmento de 3,8 metros constituido por tres capas tabulares medias y muy gruesas, en contacto gradacional, de arenisca lodosa con guijos y arenisca fina limosa

La primera y última capa tabular gruesa (2,3 y 1 m) consta de sublitoarenita lodosa conglomerática, con arena fina (58%), muy fina (25%), media (1%), guijo (6%) y lodo (10%), moderadamente calibrada, con formas subredondeadas a angulares, subesféricas a subelongadas, predominantemente cuarzo (88%), feldespato (2%) y fragmentos líticos (10%), en contactos puntual dentro de una matriz lodosa, color marrón moderadamente oliva (5Y 4/4); cemento calcáreo (13%) y porosidad media (3%).

En medio se localiza una capa tabular gruesa (50 cm) de litoarenita fina limosa con arena fina (66%), media (21%), gruesa (2%), limo (9%) y arcilla (2%), moderadamente calibrado, con formas subredondeadas a subangulares, subesféricas a subelongadas, predominantemente cuarzo (73%), feldespato (2%) y fragmentos líticos (25%), en contactos puntuales dentro de una matriz lodosa, color marrón moderadamente oliva (5Y 4/4), cemento calcáreo (9%) y porosidad media (3%).

En cuenta a las superficies de estratificación, el contacto con el segmento infrayacente es neto y gradacional con el suprayacente.



Segmento P34 Formación Bocas (53.5 m a 54 m). Capa tabular media (50 cm) de sublitoarenita muy fina con arena muy fina (76%), arena fina (17%), limo (5%) y arcilla (2%), moderadamente calibrado, con formas subredondeadas y subesfericas a subelongadas, predominantemente cuarzo (91%), feldespato (1%) y fragmentos líticos (8%), en contactos puntuales embebidos en una matriz lodosa color marrón amarillento claro (10YR 6/2), cemento calcáreo (8%) y porosidad media (3%).

Esta capa presenta contacto neto con el segmento suprayacente y gradacional con el infrayacente

Segmento P35 Formación Bocas (54 m a 55.2 m). Capa tabular gruesa (1,2 m) de limolita arenosa, con limo (73%), arcilla (5%) y arena muy fina (22%), bien calibrada, con formas subredondeadas a subangulares y subesfericas, en contacto flotante dentro de una matriz lodosa, color naranja amarillento oscuro (5YR 6/6), cemento silíceo (3%) y porosidad media (3%).

Las superficies de estratificación son netas con respecto a los segmentos infra y suprayacentes.

Segmento P36 Formación Bocas (55.2 m a 57 m). Segmento de 1,8 m, a la base un estrato tabular medio (20 cm) de arenisca fina con gránulos, y al tope en contacto gradacional un estrato tabular muy grueso (1,8 m) de arenisca lodosa con gránulos (ver figura 60)

La primera capa corresponde a una Litoarenita feldespática fina conglomerática con arena fina (42%), media (30%), muy fina (10%), gruesa (7%), granulo (6%), guijo (2%) y lodo (3%), pobremente calibrada, con formas subredondeadas a angulares y sub esféricas a sub elongadas, predominantemente cuarzo (50%), feldespato (10%) y fragmentos líticos (40%), en contactos

puntuales y flotantes la porción grava, dentro de una matriz areno lodosa, color gris (N7), cemento calcáreo (13%) y porosidad media (3%).

La segunda capa corresponde a una Litoarenita feldespática fina lodosa conglomerática, con arena fina (42%), gruesa (25%), media (18%), granulo (18%), guijo (1%) y lodo (6%), mal calibrada, con formas subredondeadas a subangulares y subelongadas, predominantemente cuarzo (50%), feldespato (10%) y fragmentos líticos (40%), en contactos puntuales y longitudinales dentro de una matriz areno lodosa color naranja amarillento claro (10YR 6/6), cemento calcáreo (15%) y porosidad media (3%).

Petrográficamente se comprobó la composición polimíctica de los clastos, al encontrar composiciones como esquistos, cuarcita, cuarzo arenitas, pizarras, esparita, micro esparita, cuarzo mono y policristalino (ver apéndice J)



Figura 60. Se observa el levantamiento de las capas en este segmento 36, que hace parte de la Formación Bocas. a) Acercamiento de la arenisca fina ubicada en la base del segmento. b) y c) Acercamiento de la arenisca fina lodosa con granulo ubicada en el tope del segmento. Coordenadas X: 1'105.961, Y: 1'283.324.



9.3. Análisis facial

Tabla 2. Distribución de facies en las cuatro secciones estratigráficas levantadas

Litofacies	Nombre	Descripción	Asociación de facies	Cantera	Quebrada	Río	Planta
MA-b	Micrita arenosa con bioturbación	Micrita (61-67%), Espar (10-20%), Litoclastos (10-17%)	1				
MA-ll	Micrita arenosa con laminación lenticular	Micrita (63%), Espar (8%), Litoclastos (27%)	1				
Amff-c	Arenisca muy fina a fina calcárea	Buen a muy buen calibrado, contactos entre granos puntuales y longitudinales, algunas con cemento ferruginoso	1, 2, 7, 8, 9, 12				
Amfll-c	Arenisca muy fina a fina lodosa calcárea	Calibrado moderado, contactos entre granos puntuales, tangenciales y flotantes, algunas con cemento ferruginoso	1, 2, 7, 8, 9, 11, 12				
MA	Micrita arenosa	Micrita (50-78%), Espar (7-35%), Litoclastos (13-38%)	1, 2, 3, 4, 5, 6, 9, 10, 11				
MA-p	Micrita arenosa con pirita	Micrita (50-60%), Espar (10-25%), Litoclastos (25-35%)	1, 3, 11				
M-blp	Micrita con bioturbación y laminación plano paralela	Micrita (80%), Espar (12%)	1, 3, 9, 10				
Afl-clp	Arenisca fina lodosa calcárea con laminación plano paralela	Buen calibrado, contacto entre los granos puntual a flotante	2				
L-c	Lodolita calcárea	Muy bien calibrada, contactos entre granos flotantes y en menor proporción puntuales	2				
M	Micrita	Micrita (67-87%), Espar (7-20%)	2, 3, 4, 9, 10				
LA-c	Lodolita arenosa calcárea	Buen a moderado calibrado, contacto entre granos flotantes	2, 3, 4, 6				
AmfllC-c	Arenisca muy fina a fina lodosa conglomerática calcárea	Calibrado moderado, contactos entre granos flotantes y en menor proporción puntuales, grava tamaño guijo y granulo, formas sub redondeados a angulares y sub esfericas a elongadas.	2, 6, 11				
AmfLi	Arenisca muy fina limosa	Buen calibrado, cemento silíceo, contactos entre granos puntuales y en menor proporción flotantes.	3				
MA-lp	Micrita arenosa con laminación plano paralela	Micrita (68%), Espar (11%), Litoclastos (18%)	3				
CcgAL-c	Conglomerado clasto soportado de guijos calcáreos en una matriz areno lodosa calcárea	Mal calibrado, contactos puntual y en menor proporción flotantes, formas sub esfericos a elongados y subredondeados a subangulares algunos con cemento ferruginoso	5, 6, 8				
CcgaAL-c	Conglomerado clasto soportado de guijos calcáreos, angulares en una matriz areno lodosa calcárea.	Mal calibrado, contactos entre clastos puntual y en menor proporción tangencial, flotante, formas sub esfericos a elongados y subredondeados a angulares, algunos con acumulaciones locales de matriz y cemento ferruginoso.	5, 6				
CmgAL-c	Conglomerado matriz soportado de guijos calcáreos en una matriz areno lodosa calcárea	Mal calibrado, contacto entre grano flotante y en menor proporción puntual, formas sub esfericos a elongados y subredondeados a sub angulares, algunos con cemento ferruginoso.	5, 6, 7				
AmeLC-c	Arenisca media lodosa conglomerática calcárea	Mal a moderadamente calibrada, contactos entre grano puntuales y en menor proporción flotantes, tangenciales, algunas con cemento ferruginoso	5, 7				
CmgaAL-c	Conglomerado matriz soportado de guijos calcáreos angulares en una matriz areno lodosa calcárea	Mal calibrado, contactos puntual, flotante y en menor proporción tangenciales, formas sub esfericos a elongados y subredondeados a angulares, algunos con matriz netamente arenosa y cemento ferruginoso.	5, 6, 11				
MA-cg	Micrita arenosa con acumulaciones locales de guijos.	Micrita (35-45%), Espar (20-35%), Litoclastos (13-40%). La porción grava se puede encontrar en mayor proporción que las arenas tanto dispersa, como en acumulaciones.	5, 11				
CcmgAL-cgn	Conglomerado clasto a matriz soportado de guijos calcáreos en una matriz areno lodosa calcárea, gradación normal	Mal calibrado, contactos puntuales, longitudinales y flotantes, formas sub esfericos a elongados y subredondeados a sub angulares.	6				
CcmgAL-cgi	Conglomerado clasto a matriz soportado de guijos calcáreos en una matriz areno lodosa calcárea, gradación inversa	Mal calibrado, contactos puntuales, longitudinales y flotantes, con formas sub esfericos a elongados y subredondeados a sub angulares.	6				
Af-ccg	Arenisca fina calcárea con concentraciones locales de guijos	Calibrado moderado, contacto entre los granos puntuales y en menor proporción flotantes, algunas con cemento ferruginoso	7				
Amflli-ccg	Arenisca muy fina a fina limosa calcárea con concentraciones locales de guijos	Calibrado moderado, contactos puntuales, tangenciales y flotantes	8, 11				
M-p	Micrita con pirita	Micrita (75-87%), Espar (8-13%)	10, 11				
Afl-clo	Arenisca fina lodosa calcárea con laminación ligeramente ondulosa	Buen calibrado, contactos puntual y flotante	12				

Tabla 3. *Convenciones implementadas en el nombramiento de cada facies*

LITOLOGÍA		TEXTURA Y ESTRUCTURA		OTRAS PROPIEDADES	
CAL	Conglomerado areno lodoso	mf	Muy fina	-b	Bioturbación
AC	Arenisca conglomeratica	f	Fina	-gi	Gradación inversa
ALC	Arenisca lodosa conglomeratica	me	Media	-gn	Gradación normal
A	Arenisca	g	Guijo	-a	Angular
AL	Arenisca lodosa	m	Matriz soportado	-c	Calcáreo
ALi	Arenisca limosa	c	Clasto soportado	-p	Acumulaciones locales de pirita
L	Lodolita			-lo	Laminación ondulosa
LA	Lodolita arenosa			-cg	Concentraciones locales de guijos
M	Micrita				
MA	Micrita arenosa				

9.4 Asociación de facies

Tabla 4. *Tabla que relaciona los mecanismos de transporte e interpretación ambiental, de cada una de las asociaciones de facies*



Asociación de facies	Facies	Mecanismo de transporte e interpretación
1	MA, AmffL-c, MA-p, MA-ll, M-blp, Amff-c, MA-b	Depósitos de erosión de plataforma y shoreface dentro de un régimen de energía intermitente
2	LA-c, L-c, AmffL-c, MA, AfL-clp, AmffLC-c, Amff-c, M	Depósitos de baja energía, seguidos de entrada de flujos de alta densidad, por escorrentías, que producen corrientes de turbidez.
3	M, MA, AmfLi, LA-c, MA-p, M-blp, MA-lp	Depósitos de erosión de plataforma.
4	MA, M, LA-c	Depositos de baja energía dados por el equilibrio de la plataforma
5	CcgaAL-c, CmgAL-c, CcgAL-c, MA, CmgAL-c, AmeLC-c, MA-cg,	Depósitos de caída de rocas de un talud abrupto; algunos con exposición sub aérea.
6	AmffLC-c, CcmgAL-cgi, CcgaAL-c, LA-c, CmgAL-c, CmgAL-c, CcgAL-c, CcmgAL-cgn, MA.	Flujo de escombros turbulento de alta densidad con gran interacción grano a grano. Depositados debajo del quiebre de la plataforma.
7	Amff-c, CmgAL-c, AmeLC-c, Af-ccg, AmffL-c	Flujos de turbidez, seguidos de depósitos de escorrentía locales.
8	AmffLi-ccg, CcgAL-c, AmffL-c, Amff-c	Depósitos de canal juvenil, régimen de alta energía.
9	M, MA, M-blp, Amff-c, AmffL-c.	Depósitos de erosión de plataforma dentro de un régimen de energía intermitente
10	M, MA, M-blp, M-p	Depósitos de baja energía dado por el equilibrio de la plataforma.
11	MA, CmgAL-c, MA-cg, MA-p, AmffLi-ccg, M-p, AmffL-c, AmffLC-c	Depósitos de energía intermitente con caída de roca
12	AmffL-c, Amff-c, AfL-clo	Depósitos de energía baja, seguida de reactivación de las corrientes y erosión de la plataforma



A continuación, se presentan las asociaciones de facies, y sus respectivas interpretaciones, las cuales conllevan a definir condiciones ambientales y de depósitos para los sedimentos de la formación Tiburón.

Se identificaron en total 12 asociaciones distribuidas en las cuatro columnas estratigráficas de la Formación Tiburón, cada una de las cuales reflejan condiciones de sedimentación controladas por la evolución y de postación de una plataforma siliciclástica de un mar somero confinado.

9.4.1 Asociación de facies 1. Secuencia estrato creciente compuesta por facies mixtas dentro de las que se encuentran micritas arenosas con nódulos, lentes e intraclastos; las facies terrígenas constan de areniscas muy finas limosas con cemento calcáreo.

En la parte media de la secuencia es donde se evidencia el aumento de la energía en el medio, en donde se depositan las areniscas

Interpretación: La intercalación de arenas y micritas arenosas evidencian un ambiente de erosión de plataforma y del shoreface, del cual se deriva el componente siliciclástico espacialmente cuarzo y en menor proporción fragmentos de roca. El proceso de erosión mencionado anteriormente se daba en un régimen de energía intermitente, en donde en las etapas de baja energía ocurría la disolución del carbonato de las micritas arenosas.

9.4.2 Asociación de facies 2. Secuencia de facies grano crecientes y estratos decrecientes que consta de lodolitas arenosas calcáreas, areniscas finas y muy finas lodosas calcáreas, masivas y con laminación plano paralela

Interpretación: Al principio de la secuencia se depositó material fino en un régimen de baja energía; el aumento de areniscas al tope evidencia el aporte de material fluvial por medio de escorrentías locales, transportados mediante flujos de alta densidad.

9.4.3 Asociación de facies 3. Secuencia grano decreciente, estrato creciente, positiva, compuesta a la base por micrita y micrita arenosa; en la parte media y tope se encuentran capas de arenisca fina limosa con cemento silíceo

Interpretación: El material siliclástico que conforma las areniscas, y que también hace parte de los componentes de la micrita arenosa, evidencia la escasa erosión de la plataforma

9.4.4 Asociación de facies 4. Secuencia grano creciente estrato creciente que consta de micritas arenosas, micritas masivas y arcillolita calcárea. La energía del ambiente hacia el tope de la secuencia disminuye, lo que correspondería a una secuencia negativa; También se evidencia el aporte de material calcáreo al tope lo que correspondería a una secuencia de profundización

Interpretación: luego de los episodios de erosión registrados en la asociación anterior se produce una disminución en la energía del ambiente (Boggs,2006) causada por el equilibrio en la plataforma, ocasionando la depositación de lodo calcáreo correspondientes a las micritas y micritas arenosas de la asociación.

9.4.5 Asociación de facies 5. Esta secuencia está compuesta por areniscas ligeramente conglomeráticas calcáreas y conglomerados masivos matriz soportados y clastos soportados con fabrica desordenada, formas subredondeadas y angulares, contacto puntuales y flotantes, embebidos en una matriz areno lodosa. Los conglomerados de la parte inferior de la secuencia presentan superficies erosivas.

Interpretación: Las características texturales mencionadas anteriormente, corresponden a brechas de caída de rocas generadas por la erosión y fracturamiento del talud, el cual es levantado por pulsos tectónicos (Flugüer,2002; Rodríguez,2007).



9.4.6 Asociación de facies 6. Secuencia que consta de una intercalación de conglomerados matriz soportados y clastos soportados con gradación inversa y normal, areniscas masivas ligeramente conglomeráticas calcáreas. Los contactos entre los estratos son gradacionales

Interpretación: La gradación de los conglomerados y la intercalación con material más fino evidencian un flujo turbulento de alta densidad con gran interacción grano a grano (Price,1977; Surlyk,1984) ocasionados por la disminución de la pendiente del talud.

9.4.7 Asociación de facies 7. Secuencia de areniscas finas, medias, conglomeráticas limosas, lodosas, calcáreas y ferruginosas; conglomerados areno lodosas clasto y matriz soportados,. El contacto entre las capas es gradacional y el espesor de los estratos disminuyan al tope, la igual que la energía del medio presenta un aumento en el espesor de los estratos, los cuales se encuentran a su vez con superficies estratigráficas netas.

Interpretación: Esta secuencia evidencia el aporte de un drenaje juvenil con remanente caída de roca, el cual al llegar a columna de agua pierde velocidad, quedando los sedimentos en suspensión y depositándose primero el material grueso y luego el más fino (Boggs,2006). En algún momento durante o después de la depositación estos depósitos quedaron expuestos generando material ferruginoso

9.4.8 Asociación de facies 8. Esta sucesión granocreciente consta de arenisca muy finas lodosas calcáreas y ferruginosas, con conglomerados clastos soportados arenolodoso sin una fábrica ordenada. Esta asociación se caracteriza por tener en los estratos de arena cuerpos irregulares de arenisca media y conglomerado, además el contacto entre sus capas es gradacional.

Interpretación: Los cuerpos irregulares de conglomerados dentro de las areniscas evidencian la gran densidad de partículas, capacidad de erosión y energía que llevaba el canal juvenil

(Ravnas & Steel,1998); el aumento de energía del canal puede estar relacionado con el incremento en las precipitaciones y fluctuaciones climáticas de la época.

9.4.9 Asociación de facies 9. La secuencia consta de micritas y micritas arenosas que se encuentran al tope de la secuencia, el contacto entre estas dos es difuso.

Interpretación: Esta secuencia refleja que la energía en la plataforma disminuyó en donde el aporte fluvial del canal juvenil es escaso y el mar es el único agente que erosiona la plataforma, este proceso de erosión se presenta bajo un régimen un régimen de energía intermitente, donde en las etapas de baja energía ocurría la disolución del carbonato de las micritas arenosas.

9.4.10 Asociación de facies 10. Secuencia grano decreciente, en la cual al tope aumenta el contenido de lodo calcáreo, laminación y bioturbación, es decir una secuencia en donde disminuye el nivel de energía. El contacto entre las capas es neto.

Interpretación: Esta secuencia refleja que la energía en la plataforma disminuyó en donde el mar es el único agente que erosiona la plataforma, este proceso de erosión se presenta en un régimen de energía intermitente - baja, en donde en las etapas de baja energía y equilibrio de la plataforma (Boggs,2006) ocurría la precipitación del carbonato de las micritas arenosas.

9.4.11 Asociación de facies 11. Esta asociación está compuesta principalmente por micritas arenosas, micritas arenosas nodulares que se encuentran en contacto neto con areniscas finas lodosas y conglomerados arenolodosos con fabrica desordenada, las capas delgadas de conglomerados se encuentran en la parte media de la asociación.

Interpretación: Esta asociación refleja un ambiente de energía intermitente en el cual se deposita material producto de la erosión del talud plataforma (caída de roca) , y micritas arenosas

9.4.12 Asociación facies de 12. Esta asociación está constituida por areniscas finas y muy finas lodosas con cemento calcáreo. El tipo de secuencia es grano creciente, en donde al tope se encuentran areniscas gruesas.

Interpretación: Esta secuencia evidencia aporte fluvial mediante canales juveniles en la plataforma, las partículas que depositan los ríos al llegar a la columna de agua, pierden velocidad (Boggs,2006), quedando en suspensión y depositándose en el fondo primero el material grueso y luego el más fino en suspensión.

9.5 Evolución geológica

El área de estudio se encuentra ubicada, dentro de la regionalización tectonoestratigráfica de Gómez et al. (2015), en el terreno chibcha, haciendo parte de la cuenca cordillera oriental. Este terreno se encuentra compuesto por basamento cristalino generado por el metamorfismo regional, a finales del Proterozoico, de rocas pelíticas, samíticas y locamente calcáreas. Este metamorfismo se generó bajo condiciones de alta temperatura, abarcando las facies granulita-anfibolita alta (Clavijo et al.,2008), este proceso fue causado por la orogenia Grenvilliana, la cual fue el resultado de la formación del supercontinente Rodinia. Posteriormente, a mediados del Ordovícico las rocas vuelven a sufrir un proceso de metamorfismo regional generado en la orogenia Caledoniana – Caparonensis (Restrepo,1995).

En este terreno alóctono no se evidencia sedimentación durante el Devónico superior-Carbonífero inferior, esta afirmación se da basada en la fauna de braquiópodos, briozoarios y crinoideos que se presenta desde el Carbonífero superior (Toussint,1993); es desde el Carbonífero al Pérmico que se evidencia la formación de secuencias clásticas- calcáreas dentro de un ambiente de plataformas marinas (Villaroel y Mojica,1987). El avance del mar ocurre en

un paisaje árido (Clavijo et al.,2008) como lo evidencia la secuencia clástica continental - transicional de coloraciones rojizas de la sección inferior de la Formación Diamante; la sección media y superior demuestra el predominio de un ambiente marino somero.

Hasta finales del Paleozoico, el terreno Chibcha presentó una evolución independiente, ya que para esta época se acrecionó al bloque autóctono, ubicado en donde hoy en día son los Llanos orientales. La unión de los bloques genera movimientos transpresivos y paleosuturas, una de estas es conocida como la falla Guaicaramo, además estos movimientos serían los responsables de la reactivación de la paleo falla Bucaramanga que se presenta desde del Paleozoico Temprano- Proterozoico Tardío según Clavijo et al.(2008); estos procesos dejan expuesta la secuencia marina depositada anteriormente; esta exhumación se evidencia debido a la presencia de óxidos de hierro en ciertas calizas de la formación Diamante y los clastos rojizos de caliza encontrados en la Formación Tiburón, producto de la erosión.

A principios del Triásico- finales del Pérmico se genera un incipiente proceso de estiramiento de la litosfera y fallamiento de bloques por la apertura del Protocaribe; como consecuencia de estos procesos la Cordillera Oriental en esta época correspondería a una cuenca extensional (Sarmiento et al.,2006), en donde el movimiento de bloques tectónicos genera espacio de acomodación, donde se depositarían de manera discordante angular los sedimentos erosionados de la Formación Diamante, dando lugar a la Formación Tiburón. Según Chicangana y Kammer (2013) el depósito de detritos para esta época se ve acompañado con la acción de aguas marinas, afirmación que se evidencia en el contenido de micrita de los conglomerados y la intercalación de micritas arenosas, micritas y areniscas con cemento calcáreo de la Formación Tiburón. La presencia de aguas marinas posiblemente se da debido a un mar somero con depósitos clásticos al Norte de Bucaramanga. Este mar epicontinental, según Cediel y Shaw (2019), no abarca hasta

donde se depositaría la Formación Tiburón, pero debido al análisis facial de la Formación en el presente trabajo, existiría la posibilidad de que el mar se encontrara en esa época más hacia el norte.

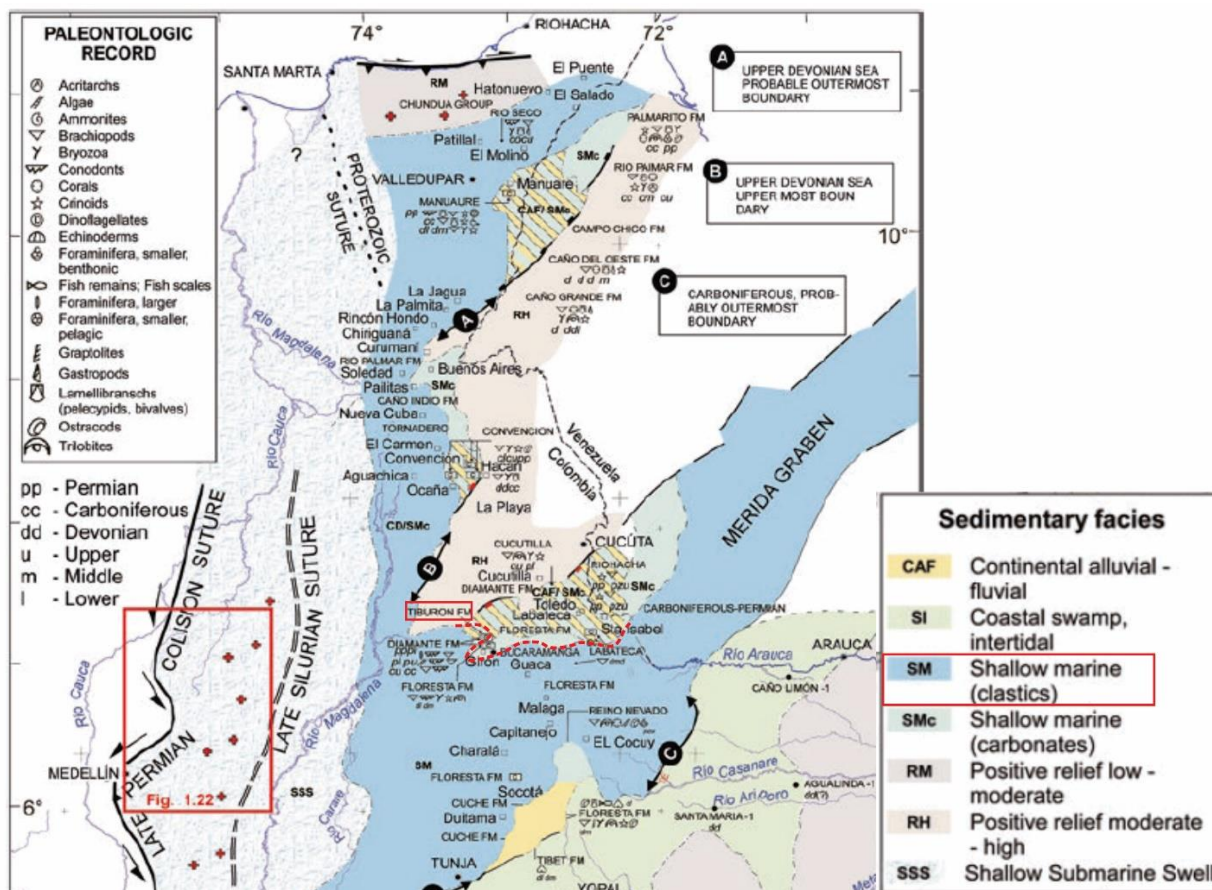


Figura 61. Registro paleontológico y reconstrucción general de las paleo-facies del Paleozoico superior. La línea punteada roja al lado del recuadro del mismo color en el centro de la imagen corresponde al posible nuevo límite (propuesto en este trabajo) de las facies clásticas-marinas someras. Imagen modificada de Cediel y Shaw (2019)

A finales del Triásico y comienzos del Jurásico, se presentan la máxima fase del proceso de rifting intracontinental y volcanismo generados por las ramificaciones que se dan del suceso de ruptura de Pangea y apertura del Protocaribe (Royero y Clavijo, 2001). El Producto del



hundimiento y fallamiento de bloques causa subsidencia, originando cuencas que se empiezan a llenar con sedimentos de ríos trenzados, meandriformes, con la interrupción ocasional de un mar somero y acompañados de un vulcanismo incipiente explosivo, subaéreo, de composiciones andesíticas y riolíticas (Clavijo,1996); esta afirmación también es dada por Geyer (1982) al explicar las magno facies marinas del Triásico.

Los depósitos descritos anteriormente son los que actualmente conforma la Formación Bocas, en la cual se evidencia la presencia de calizas a la base, areniscas conglomeráticas calcáreas y un cuerpo riolítico aflorando en la zona de estudio.

A mediados y finales del Jurásico el ambiente se vuelve predominantemente continental con depósitos de flujos de lodo y fluvio lacustres, los cuales van acompañados a su vez con un vulcanismo explosivo (Clavijo,1996), estos procesos se ven reflejados en la secuencia de la Formación Jordán. Además, este proceso vulcano sedimentario va acompañado de un magmatismo félsico reflejado en el emplazamiento de cuerpos granodioríticos, cuarzomonzoníticos y monzograníticos (Clavijo,1996)

En la zona de estudio no se evidencia la presencia de rocas cretácicas ni cenozoicas. Para el Mioceno se genera la reactivación de antiguas fallas que generó el levantamiento de la Cordillera Oriental, el desplazamiento del río Suratá (Diederix et al.,2008) y cese de la sedimentación del abanico de Bucaramanga, el cual se depositó discordantemente sobre las formaciones mencionadas anteriormente.

9.6 Ambientes de depositación

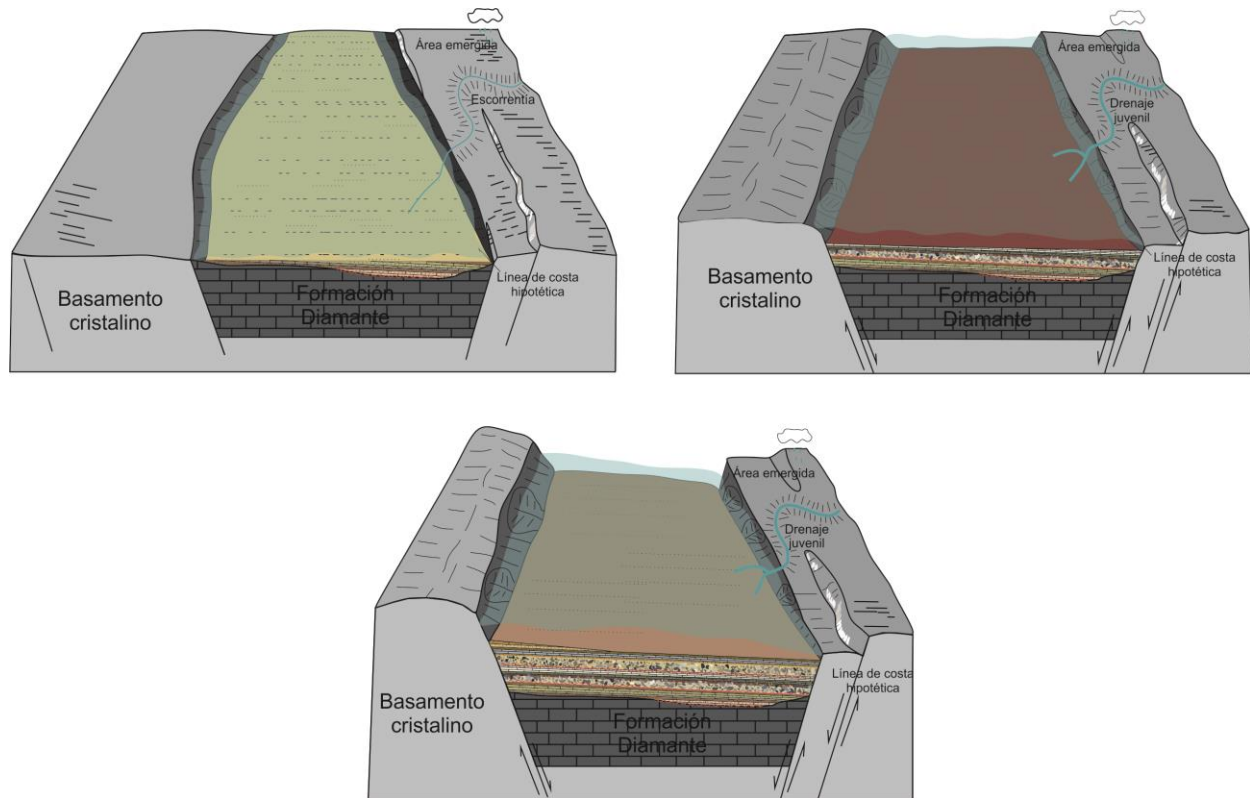


Figura 62. Fases evolutivas del ambiente de depositación de la Formación Tiburón. A. mar somero epicontinental del Paleozoico superior-Triásico, en donde se deposita la primera secuencia de la Formación Tiburón. B. Primer ciclo formado en una plataforma bordeada por fallas producto de acomodación de bloques, que genera superficie de erosión y acumulación de depósitos en masa gravitacionales de la asociación 5 y 6. C. Último ciclo de depositación de la Formación Tiburón. Modificado de Ravnass, R & Steel, R. 1998., Gómez, C. 2017. Nota: no están involucrada ni la escala vertical, ni horizontal.

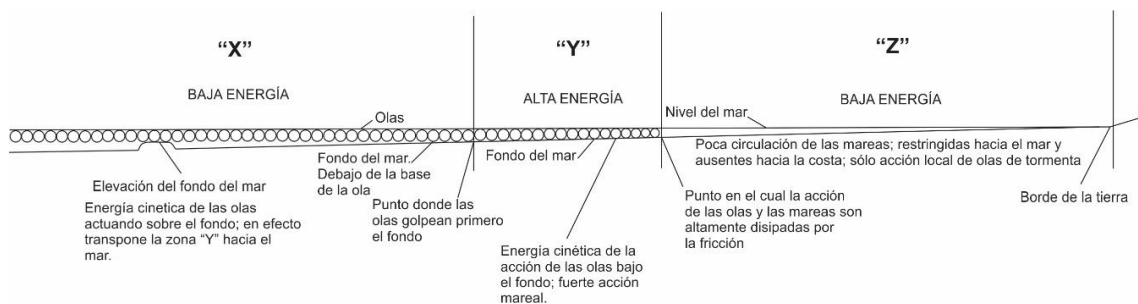


Figura 63. Sección mostrando las zonas de energía en un mar epéirico. Nota: Adaptado de Irwin, M.L. (1965). General theory of epeiric clear water sedimentation. Bulletin of the American association of petroleum geologists p,450.

La Formación Tiburón se depositó en un ambiente de plataforma siliciclástica inundada por un mar somero epicontinental confinado, dentro de una cuenca extensional. Los mares epicontinentales se dividen en tres zonas de energía, X, Y y Z (Irwin, M.L.1965) (ver figura 63), las cuales son correlacionables con las subdivisiones de una plataforma continental, outer shelf, inner shelf y shore face respectivamente.

En la plataforma siliciclástica, ocurren procesos como: 1) La formación de barreras de origen tectónico; 2) El aporte fluvial por parte de escorrentías locales, consecuentes al bloque de falla; 3) El efecto erosivo de las mareas de un mar somero, caracterizado por una velocidad de corriente mayor, un patrón de las olas elípticas fuertemente elongados y cambios del nivel del mar diarios que exceden los 15 m (Bogg, S. 2006).

La mayor parte de las litologías presentes en la Formación Tiburón, corresponden a una mezcla entre material siliciclástico y carbonatado, la cual depende del aporte de cada uno en espacio y tiempo; por ejemplo, una alternancia en capas se da por eventos ocasionales y rápidos como tormentas o cambios en el clima; mientras una mezcla in situ o por erosión se da por un coexistir de las dos fracciones. (Chiarella, et. al., 2017). La intercalación entre los depósitos siliciclásticos, carbonatados y mixtos, junto con las superficies de erosión, demuestran una organización ciclica atribuida a pulsos tectonicos repetitivos. En total se reconocen dos ciclos formados por depósitos de flujos en masa gravitacionales asociados a la erosión del talud, rejuvenecimiento del área fuente y cambios eustáticos del nivel del mar, ocasionados por el fallamiento en bloques. (García, J. 1990).

9.6.1 Inicio de la sedimentación de la Formación Tiburón. Los depósitos de la Formación Tiburón se originan por la erosión de la antigua plataforma abierta, que correspondía al miembro superior de la Formación Diamante, (González y Lázaro, 1994). La depositación de las facies correspondientes a la asociación 1, provienen de la erosión del shore face, la cual produce junto a la disolución de carbonatos, micritas arenosas propias de esta asociación, junto con material siliciclástico transportado desde la costa; posteriormente la asociación 2, comienza por una fase tranquila en donde se depositan facies lodosas, seguidas por la entrada de flujos de alta densidad, que producen corrientes de turbidez, generando capas de areniscas finas infrayaciendo areniscas con laminación plana paralela (Boggs .J, 2006). Como la sedimentación en la plataforma se caracteriza porque los procesos que actúan en ella son episódicos, se vuelve a presentar un periodo de erosión del shoreface y la costa, lo que produce la aparición de areniscas limosas muy finas con cemento silíceo y micritas arenosas dentro de la asociación 3; en seguida se presentan facies finas como micritas y arcillolitas propias de la asociación 4, que demuestran depósitos de baja energía ocasionados por el equilibrio de la plataforma.

9.6.2 Secuencia C1. Por el control tectónico de la zona, se origina una subsidencia de la cuenca, acompañada del levantamiento de rocas calcáreas de la Formación Diamante, cuya transición vertical de los sedimentos es marcada por facies de alta energía (Mas., et.al, 2010), caracterizada por los típicos conglomerados calcáreos de la Formación Tiburón, los cuales presentan una fábrica desordenada, usualmente con empaquetamiento cerrado, evidenciado por el predominio de contactos longitudinales a puntuales, pobremente calibrados, con tamaños de granos que van desde unos pocos milímetros hasta guijarros, con formas angulares a sub redondeadas (ocasionados probablemente por disolución parcial de sus bordes) y la mayoría clasto soportados; por estas propiedades las facies de la asociación 5, corresponden a depósitos

de caída de rocas (Flügel, E. 2004); en medio de estas facies, se presentan capas de conglomerados de guijos areno lodosos de la asociación 6, clasto soportados, calcáreos, diferenciables de los anteriores por poseer una gradación normal, la cual evidencia un transporte cuesta abajo por gravedad, denominadas como brechas de flujo en masa (Flügel, E. 2004).

Dicha regresión va acompañada de la secuencia deposicional de la asociación 7, dado por un aumento gradual del aporte fluvial, inicialmente con flujos de alta densidad que causan corrientes de turbidez representados por la mezcla desordenada entre arenas y grava, seguido de un flujo dominado por flotación, donde primero se deposita el material más grueso en suspensión y de carga de lecho, seguido por la arena fina que se asienta luego de un tiempo (Boggs, 2006). Este flujo evolucionó por aumento en la precipitación, a un drenaje con mayor velocidad y densidad que trae consigo clastos provenientes del talud y que conforman los cuerpos irregulares de grava dentro de la arena limosa muy fina y las potentes sucesiones homogéneas de grano fino de la asociación 8

A partir de este punto los ciclos de somerización – inundación son mucho más continuos e incluso repiten asociaciones como las 8, 4 y 1; con periodos intermedios entre éstas, que dan como resultado asociaciones como la 9, con intercalaciones entre micrita y micrita arenosa, proveniente del material erosionado de la plataforma; tras un periodo de equilibrio se termina de depositar todo el lodo calcáreo, la arena fina en suspensión y precipitar todo el carbonato diluido, que da como resultado la secuencia de micritas con micritas arenosas de la asociación 10.

9.6.3 Secuencia C2. Por último, se presenta otro pulso de subsidencia, rejuveneciendo el área fuente, correspondiente a las calizas de la Formación Diamante, que al igual que en el ciclo anterior produce una superficie de erosión inferior en los conglomerados de la asociación 5;

luego en un periodo de equilibrio y disminución en la velocidad de sedimentación se logra depositar nuevamente la asociación 1; dichas facies son acumuladas también en la asociación 11 junto con capas de 20 cm a 1 m de conglomerados producto de caída de rocas remanente. A estas facies les sigue un potente cuerpo de conglomerados de la asociación 5, que tras un corto periodo de calma deposita arena muy fina limosa y ante una reactivación de las corrientes y erosión, el material aumenta su tamaño a grano fino, depositándose la secuencia grano creciente de la asociación 12.

10. Discusión

10.1 Diferencias en la cartografía con respecto a Ward, et. al (1973).

En las siguientes diferencias encontradas entre las dos cartografías, hay que tener presente que cada una cuenta con un detalle muy diferente, al poseer escalas distintas, como 1:100.000 para el realizado por Ward, et.al (1973) y 1:10.000 para el presente trabajo.

La primera disimilitud (A), corresponde a la franja presente en el carretable a la vereda Angelinos, de la Formación Diamante, al NW de la zona de estudio, corroborada por control de campo en las estaciones PET 41, 42, 32, 33, 34 y la estación auxiliar PETa 7. La segunda desigualdad (B), se da entre el contacto Formación Diamante – Formación Tiburón, a lo largo de la Quebrada Ceylán, el cual Ward, et. al (1973), lo traza más hacia el E, cortado por una falla; para este informe, dicha falla, es trazada más como un lineamiento evidenciado por la deflexión de la quebrada y el límite se traza más hacia el W, como se evidenció en las estaciones PET 59, 60, 61, 62, PETa 27, 29, 37 y en la sección Quebrada Ceylán.

En cuanto al contacto entre la Formación Tiburón y la Formación Bocas (C) en cercanías al río Suratá, es trazado en el presente trabajo, más al W del proyectado por Ward, et.al (1973); esto

debido a los controles de campo (PET 37 y PETa 9) realizados a lo largo de todo el filo de la cuchilla Angelinos y el recorrido por el canal receptor de agua de CEMEX (PET 33 y PET 58). Por último, en el recuadro E se observa un lente de la Formación Bocas, el cual en la fase de campo no fue identificado y en cambio, al igual que en el recuadro D, se plantea una hipótesis contraria a la descripción de las capas rojizas de lodolitas, areniscas y conglomerados, asignadas por Ward et al. (1973) y en el actual estudio como Formación Jordán. (ver capítulo 8.1.3.4).

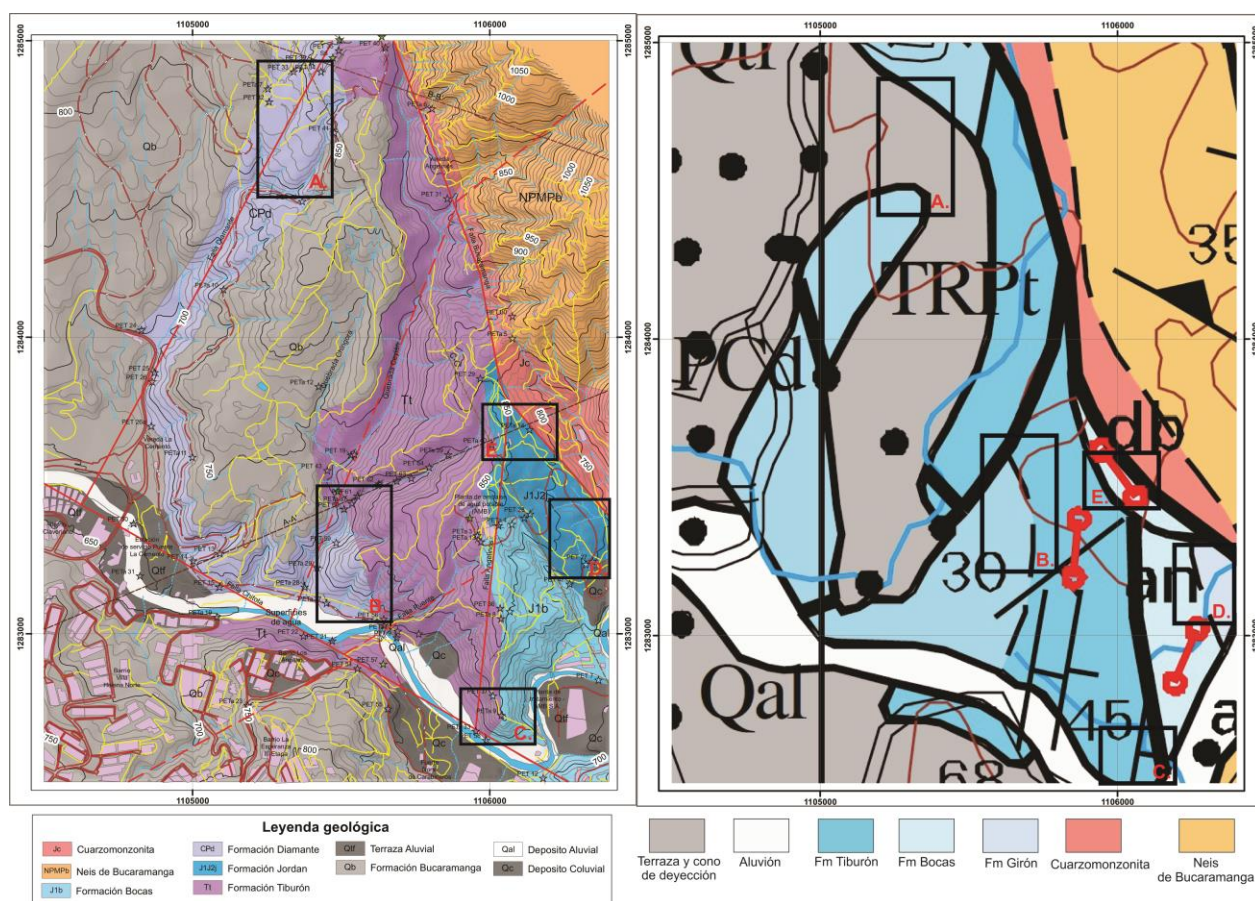


Figura 64. Comparación entre el mapa a escala 1:10.000 realizado en este trabajo y el mapa escala 1:100.000 realizado por Ward, et.al (1973).



10.2 Comparación de trabajos anteriores con el actual.

Como se observó en la tabla 1, de los 6 autores mencionados, sólo Navas (1962) nombra cemento de hierro y González y Lázaro (1994) conglomerados calcáreos rojizos, como los que se encuentran en la Quebrada Ceylán. Tanto Navas (1962), como Mendoza y Bogota (1976), registran margas, no observadas en el actual trabajo de campo y solo Arias y Gómez (1993), incluyen la porción arena en las facies calcáreas, pero denominadas como calcarenitas. Se coincide con todos los autores, en la presencia de conglomerados calcáreos, denominados por Arias y Gómez (1993), como calciruditas y Navas (1962) como calizas conglomeráticas. Otra diferencia con autores como Ward, et al. (1973) y Mendoza y Bogota (1976), es la presencia de conglomerados a la base de la Formación Tiburón y con González y Lázaro (1994) de limolita calcárea roja; que según lo observado en campo está constituida de micrita arenosa rosada.

10.3 Sección estratigráfica quebrada Ceylán

La sección estratigráfica más completa, reportada por primera vez en el presente trabajo, corresponde a la sección quebrada Ceylán en la cual afloran 210 m de roca, de los cuales 123 m corresponden a una secuencia de facies mixtas, calcáreas, arenosas y lodosas, no reportadas anteriormente y que resultan de vital importancia a la hora de la descripción de litológica de la Formación, ya que reflejan la presencia de aguas marinas someras en conjunto con aporte fluvial en la depositación.

11. Conclusiones

La Formación Tiburón corresponde a una secuencia cíclica de conglomerados calcáreos de guijos areno lodosos con areniscas finas a muy finas, algunas de estas conglomeráticas, lodosas y limosas, principalmente en la sección media cementadas tanto por cemento calcáreo como ferruginoso; en menor proporción lodolitas, arenosas, limosas y arcillolitas; micritas arenosas, micritas con concentraciones locales de pirita, bioturbación y laminadas.

El espesor medido en la sección – Cantera mediante bastoneo arroja un total de 164 m y con poligonal 175 m; en la sección - Quebrada Ceylán dio 210 m por medio de bastoneo, correlacionable con el cartográfico, medido en el corte A-A' de 223 m; el de la sección - Río Surata 33 m con bastoneo y en la sección - Planta vereda Angelinos AMB 42 m por bastoneo y 38 m mediante poligonal. En total 449 m, valor intermedio, en el rango de 400- 500 m estimado por Ward., et.al (1973).

La sección quebrada Ceylán se considera como una propuesta para definir una sección de referencia para la Formación Tiburón, en la cual aflora 210 metros de roca, de los cuales 123 m corresponden a una secuencia de facies arenosas, lodosas y calcáreas, que no había sido registrada, ni caracterizada en estudios anteriores.

El carácter mixto de gran parte de las rocas constituyentes de la Unidad fue posible de confirmar mediante el análisis petrográfico, el cual dio como resultado un porcentaje de

partículas siliciclásticas, entre cuarzo y fragmentos de roca, mayor al 10%, acompañado de micrita y espar.

El 90% de los clastos de la Formación Tiburón corresponden a calizas, dentro de las cuales se encuentran esparitas, micritas, micritas peletíferas, biomicrarenita y micritas fosilíferas con una paleofauna característica de las calizas del miembro superior de la Formación Diamante, como foraminíferos bentónicos, fragmentos de conchas de Braquiópodos y Briozoos. También fueron encontrados en menor proporción clastos de rocas metamórficas como cuarcita y mármol.

La Formación Tiburón se encuentra afectada por una tectónica compresional de fallas inversas transversales asociadas a la estructura principal, la Falla Bucaramanga; que causa un alto diaclasamiento, cambios en las superficies de estratificación, y desplazamientos que no permiten encontrar una localidad en donde aflore la unidad completa de base a techo.

El contacto entre las Biomicritas de la parte superior de la Formación Diamante y las Micritas arenosas a la base de la Formación Tiburón es discordante angular, debido al levantamiento y erosión que se produce durante su depositación.

La secuencia deposicional de la Formación Tiburón muestra una organización cíclica regida por pulsos tectónicos repetitivos, en donde la acomodación de bloques crea discontinuidades locales, inconformidad angular, nuevas áreas fuente o rejuvenecimiento de las existentes, de las cuales se derivan los depósitos de conglomerados.

Las facies predominantes corresponden a las arenosas, demostrando el gran aporte fluvial y el carácter siliciclástico de la plataforma; le siguen las facies conglomeráticas, mixtas y en menor abundancia las facies carbonatadas y lodosas; esta distribución de facies concuerda con el ambiente establecido.

12. Recomendaciones

Realizar la respectiva datación uranio-plomo (U-Pb) a los circones encontrados en la matriz del conglomerado y micrita arenosa, de la sección cantera cementos CEMEX y sección río Suratá, respectivamente.

Profundizar en el estudio petrográfico, estratigráfico, estructural y sedimentológico, de la Unidad aflorante en la planta de tratamiento de agua potable - vereda Angelinos, al SW de la zona de estudio, que permita con certeza atribuir estas rocas a la Formación Jordán.

Analizar las condiciones de formación del cuerpo aislado de basalto toleítico aflorante en la orilla del río Suratá, en la parte trasera de la planta de tratamiento de agua potable AMB – Vereda Bosconia.

Realizar análisis más especializados que conlleven a la reconstrucción del paleo relieve en el cual se depositó la Formación Tiburón.

Referencias Bibliográficas

- Adams, A. E., MacKenzei, W. S & Guilford, C. (1984). *Atlas of Sedimentary Rocks under the Microscope*. Gran Bretaña, Reino Unido: Longman Group UK
- Alonso, A., Benito, M., y Mas, R. (2010). *La sedimentación carbonática en mares someros: las plataformas carbonáticas*, en Arche, A., *Sedimentología: Del proceso físico a la cuenca sedimentaria*. Madrid, España: Consejo Superior de Investigaciones
- Arango, M.I., Rodríguez, G., Zapata, G., y Correo, A.M. *Catálogo de las Unidades Litoestratigráficas de Colombia: Monzogranito de Rionegro*. Medellín, Colombia: Servicio Geológico Colombiano. Recuperado de: www.sgc.gov.co
- Arche, A. (2010). *Sedimentología: Del proceso físico a la cuenca sedimentaria*. Madrid, España: Consejo Superior de Investigaciones
- Argüello, C y Guerrero, J. (2015). *Estratigrafía de la Formación Jordán entre el Municipio de Piedecuesta y La Punta de la Mesa de los Santos, Santander* (Tesis de pregrado). Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia.
- Arias, A y Gómez, M. (1993). *Contribución al conocimiento geológico de la Formación Tiburón, en un sector al Norte de Bucaramanga* (Tesis de pregrado). Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia.
- Autodesk (2018). AutoCAD (Versión 22.0) [software]. Licencia corporativa: Universidad Industrial de Santander.
- Blandón, A. (2002). *Principios de estratigrafía*. Medellín, Colombia: UNAL-Medellín.

- Boggs, S. (2006). *Principle of sedimentology and stratigraphy*. Nueva Jersey, US: Prentice Hall.
- Camacho, H., y Longobucco, M. (Ed). (2007). *Los invertebrados fósiles*. Buenos Aires, Argentina: Fundación de historia natural-Félix de Azara.
- Campbell, C.V. (1967). Lamina, laminaset, bed and bedset. *Elsevier publishing Company*, 8, 7-26.
- Cediel, F. (1968). El grupo Girón: una molasa mesozoica de la cordillera oriental. *Boletín geológico, servicio geológico colombiano*, 16(1-3), 5-96. Recuperado de: <https://www.sgc.gov.co/>
- Cediel, F., & Shaw, R. (2019). *Geology and Tectonics of Northwestern South America*. doi: 10.1007/978-3-319-76132-9
- Chiarella, D., Longhitano, S & Tropeano, M. (2017). Types of mixing and heterogeneities in siliciclastic-carbonate sediments. *Marine and Petroleum Geology*, 88, 617-627. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2017.09.010>
- Chicangana, G., y Kammer, A. (2013). Evolución tectónica de la cordillera oriental de Colombia. Desde la apertura del océano Iapeto hasta la conformación de la Pangea: una visión preliminar. Primera parte: Aspectos geológicos. *Geología Colombiana*, 38. 65-74. doi: 10.15446/gc
- Clavijo, C. (1996). *Memoria explicativa: Plancha 75- Aguachica. Escala 1:100.000*. Mapa Geológico de Colombia. INGEOMINAS: instituto de investigaciones en geociencias, minería y química, Bogotá, Colombia.

- Clavijo, J., Mantilla, L., Pinto, J., Bernal, L y Perez, A. (2008). Evolución geológica de la serranía de San Lucas, Norte del Valle Medio del Magdalena y Noroeste de la Cordillera Oriental. *Boletín de Geología*, 30(1)
- Comisión Norteamericana de Nomenclatura Estratigráfica. (2010). *Código Estratigráfico Norteamericano*. México, D.F: Servicio Geológico Mexicano, Sociedad Geológica Mexicana.
- Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga. (2005). *Documento de diagnóstico: Amenazas de inundación y erosión en el rio de Oro* vol. 1: Geología y geotecnia. Recuperado de: <https://www.erosion.com.co/presentaciones/category/18-deslizamiento-e-inundacion-en-giron-santander.html?download=222:221-tomo1-riodeoro-geologiygeotecnia>.
- Cruz, L.E. y Caballero, V.M. (2008). *Guía de Laboratorio de Sedimentología para Geólogos*. Bucaramanga, Colombia: Escuela de Geología, UIS.
- Cruz, L.E y Mier, R. (2014). *Cartografía de rocas sedimentarias. Guías de curso de campo 1*. Bucaramanga, Colombia: Escuela de Geología, UIS.
- Dabrio, J.C. (2010). *Plataformas siliciclásticas*, en Arche, A., *Sedimentología: Del proceso físico a la cuenca sedimentaria*. Madrid, España: Consejo Superior de Investigaciones
- Dickey, P. (1941). Pre-Cretaceous sediments in Cordillera Oriental of Colombia. *Bulletin of the American association of petroleum geologist*, 25(9), 1789-1795.
- Diedrix, H., Hernández, C., Torres, E., y Botero, P. (2008). Modelo de evolución morfotectónica cuaternaria basado en evidencias estructurales, neotectónicas y paleosismológicas de los principales sistemas de falla en la región de Bucaramanga. Bogotá, Colombia: Instituto Colombiano de Geología y Minería INGEOMINAS

Dunham, R.L. (1962). Classification of carbonate rocks according to depositional texture. *Memoir American Association Petroleum Geologists*, 1, 108-121

ESRI (2015). ArcGIS Desktop: ArcMap (Version 10.3) [software]. CA: Environmental Systems Research Institute. Licencia corporativa: Universidad Industrial de Santander.

Flügel, E. (2004). *Microfacies of Carbonate Rocks*. New York, Estados Unidos: Springer

Folk, R.L. (1974). *Petrology of sedimentary rocks*. Austin, Estados Unidos: Hemphill Publishing Company.

Franco, M.A., y Ramírez, A.M. (2018). *Reconstrucción Paleoambiental de los Miembros Órganos, Finos y Gravoso de la Formación Bucaramanga en el Área Metropolitana de Bucaramanga* (Tesis Pregrado). Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia.

García, C.A. (2007). *Manual de prácticas de petrología metamórfica*. Bucaramanga, Colombia: Escuela de Geología, UIS.

Garcia, J. (1990). The Aptian – Albian carbonate episode of the Basque – Cantabrian Basin (northern Spain): general characteristics, controls and evolution. *International Association of Sedimentologists*, 9, 257-290

Geyer, O. (1982). Comparaciones estratigráficas y faciales en el Triásico Norandino. *Geología Norandina*. 27-31. Recuperado de: <http://sociedadcolombianadegeologia.org/wp-content/uploads/2019/01/Art%C3%ADculo-4-Comparaciones-estratigr%C3%A1ficas-y-faciales-en-el-Tri%C3%A1sico-Norandino.pdf>

Goldsmith, R., Marvin, R., & Mehnert, H. (1971). Radiometric ages in the Santander massif, eastern cordillera Colombian Andes. *Geological survey research*, 750-D, 34-38. doi: 10.3133/pp750D

Gómez, C. (2017). *Estratografía y análisis de proveniencia de la Formación Los Indios, y su relación con la evolución tectónica de la Sierra Nevada de Santan Marta (Colombia)*. (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.

Gómez, J., Nivia, Á, Montes, N.E., Almanza, M.F., Alcárcel, F.A. y Madrid, C.A. (2015). Notas explicativas: Mapa Geológico de Colombia. Una visión a 2015. Servicio Geológico Colombiano, Publicaciones Geológicas Especiales 33, p. 9–33. Bogotá.

González, N y Lázaro, M. (1994). *Estudio de las sedimentitas Paleozoicas al N de Bucaramanga* (Tesis de pregrado). Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia.

Harms, J.C., Southard, J.B., Spearing, D.R., & Walker, R.G. (1975). *Depositional enviroments as interpreted from primary sedimentary structures and stratification sequences*. Texas, US: S.E.P.M.

Hubach, E. (1952). Interpretación geológica de la erosión y de los deslizamientos en Bucaramanga y medidas de defensa. *Instituto Geológico*, Informe 867, 1-9

Instituto Colombiano de Geología y Minería – INGEOMINAS (2001). *Zonificación sismo geotécnica indicativa del área metropolitana de Bucaramanga*. Bogotá, Colombia: Publicaciones Geológicas Especiales INGEOMINAS.

Instituto de asuntos nucleares, Minatome Colombiana LTDA. (1976). *Informe N° 19: El Paleozoico superior y el Jura – Triásico al norte de Bucaramanga*. Recuperado de: <https://www.sgc.gov.co/>

Instituto Geográfico Agustín Codazzi, (2002). *Cobertura y uso actual de las tierras de Colombia*. Bogotá, Colombia.

International Subcommision on Stratigraphic Classification of IUGS International Commission on Stratigraphy. (1976). *International Stratigraphic Guide*. US.

Irwin, M.L. (1965). General theory of epeiric clear water sedimentation. *Bulletin of the American association of petroleum geologists*, 49(1), 445-459.

Julivert, M. (1958). La morfoestructura de la zona de las Mesas al SW de Bucaramanga. *Boletín de Geología*, (1).

Julivert, M (1963). Nuevas observaciones sobre la estratigrafía y tectónica del Cuaternario de los alrededores de Bucaramanga. *Boletín de geología*, (15).

Julivert, M. (1968). Lexique Stratigraphique Internationale. Amérique Latine. *Union Internationales des sciencies géologiques*, 5(4), 1-572.

Langenheim, R. (1959). Estudio estratigráfico del Girón al W del macizo de Santander (Cordillera Oriental, Colombia). *Boletín de geología – UIS*, (2),19-33. Recuperado de: <http://revistas.uis.edu.co/index.php/revistaboletindegologia/article/view/4002>

Leven, E., & Okay, A. (1996). Foraminifera from the exotic Permo-Carboniferous limestone blocks in the Karakaya complex, Northwestern Turkey. *Rivista Italiana di Paleontologia e Strarigrafia*,102(2), 139-174. Recuperado de: https://web.itu.edu.tr/~okay/makalelerim/42_foraminifera_karakaya_blocks_Revista_1996.pdf

Lomando, A & Harris, P. (Ed.). (1991). *Mixed Carbonate – Siliciclastic sequences*, Dallas, Estados Unidos: Society for Sedimentary Geology.

MacKenzei, W. S., Donaldson, C. H & Guilford. C. (1982). *Atlas of igneous rocks and their textures*. California, Estados Unidos: Wiley

- Mantilla, L.C. (2003). *Guía de Laboratorios de Petrología ígnea*. Bucaramanga, Colombia: Escuela de Geología, UIS.
- Méndez, C. (2017). Análisis de procedencia de rocas siliciclástica de las Formaciones Girón y Tibasosa en el macizo de Floresta. (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.
- Miall, A.D. (2000). *Principles of sedimentary Basin Analysis*. New York, Estados Unidos: Springer
- Mount, J. (1985). Mixed siliciclastic and carbonate sediments: a proposed first-order textural and compositional classification. *Sedimentology*, 32, 435-442. Recuperado de https://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007%2F978-1-4020-3609-5_139?fbclid=IwAR0-AvASaR1TuwkSIVeaHrXz4MCQVNatqZnnC8ww9IPyMN--YA1CU4a_6go
- Munsell color. (2009). geological rock-color chart with genuine Munsell color chips. Michigan, Estados Unidos
- Navas, J. (1962). Geología del Carbonífero al N de Bucaramanga. *Boletín de Geología*, 4(11), 23-34. Recuperado de: <http://revistas.uis.edu.co/index.php/revistaboletindegologia/article/download/5690/5847/>
- Navas, J. (1963). Estudio estratigráfico del Girón al W del macizo de Santander (Cordillera Oriental, Colombia). *Boletín de geología – UIS*, 12 (2), 19-33. Recuperado de: <http://revistas.uis.edu.co/index.php/revistaboletindegologia/article/view/5652>
- Niño, A y Vargas, G. (1992). *Geología y Geotecnia de la escarpa Noroccidental de la Meseta de Bucaramanga* (Tesis Pregrado). Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia.

Porta, J. (1959). La terraza de Bucaramanga. *Boletín de Geología*; (3)

Powers, M.C. (1953). A new roundness scale for sedimentary particles. *Journal of sedimentary Petrology*, 23(2), 117-119. Recuperado de: <https://doi.org/10.1306/D4269567-2B26-11D7-8648000102C1865D>

Price, I. (1977). Deposition and derivation of clastic carbonates on a Mesozoic continental margin, Othris, Greece. *Sedimentology*, 24, 529-546. Doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-3091.1977.tb00137.x>

Rabe, E.H. (1974). *Stratigraphie des ostandinen raumes von Kolumbien*. Giessen, Alemania: Universitat Giessen.

Ravnas, R & Steel, R. (1998). Architecture of marine rift-basin successions. *AAPG bulletin*, 82(1), 110-146.

Remy, W., Remy, R., Pepper, H.W., Volkheimer, W., & Rabe, E. (1975). Neueinstufung der Bocas-Folge (Bucaramanga, Kolumbien) in den Unteren Jura anhand einer Phlebopteris-branneri und classopollis-Flora. *Argumenta Paleobotánica* (4), 55-77. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/284697797_Neueinstufung_der_Bocas-Folge_Bucaramanga_Kolumbien_in_den_unteren_Jura_anhand_einer_Phlebopteris-branneri-und_Classopolis-Flora.

Restrepo, P. (1995). Late Precambrian to early Mesozoic tectonic evolution of the Colombian Andes, based on new geochronological geochemical and isotopic data. (Tesis doctoral). University of Arizona, Arizona, Estados Unidos.

Rodríguez, E. (2007). *Estudio granulométrico- microfacial en brechas calcáreas de una zona de transición “plataforma-cuenca”- un ejemplo en a porción central del estado de San Luis Potosí. Implicaciones deposicionales y paleogeográficas* (Tesis de maestría) Universidad

Autónoma de San Luis de Potosí, México. Recuperado de https://docplayer.es/87795539-Universidad-autonoma-de-san-luispotosi.html?fbclid=IwAR3UjVaiNIOOJVixq5k8cI5gOILXJnlj4ne6lm0LxWMqbGF-P_CilQwIo7s

Ross, C. & Ross, June. (1991). Paleozoic Foraminifera. *BioSystems*, 25, 39-51. doi: [https://doi.org/10.1016/0303-2647\(91\)90011-9](https://doi.org/10.1016/0303-2647(91)90011-9)

Royero, J y Clavijo, J. (2001). *Memoria explicativa: Mapa geológico generalizado del Departamento de Santander*. Bucaramanga, Colombia: Instituto Colombiano de Geología y Minería INGEOMINAS

Sarmiento, L., Van Wess, J., & Cloeting, S. (2006). Mesozoic transtensional basin history of the Eastern Cordillera, Colombian Andes: Inferences from tectonic models. *South American Earth Sciences*, 21, 383-411. doi: 10.1016/j.jsames.2006.07.003

Schmid, R. (1981). Descriptive nomenclature and classification of pyroclastic deposits and fragments: Recommendations of the IUGS Subcommittee on the Systematics of Igneous Rocks. *Geology*, 9, p, 41-43. doi: 10.1130/0091-7613(1981)92.0.CO;2

Scholle, P. A & Ulmer, D. S. (2003). *A Color guide to the Petrography of Carbonate Rocks: Grains, textures, porosity, diagenesis*. Oklahoma, Estados Unidos: The American Association of Petroleum Geologists.

Stow, A.V. (2005). *Sedimentary Rocks in the Field. A color Guide*. San Diego, US: Elsevier Science Publishing Co Inc.

Streckeisen, A. (1979). Classification and nomenclature of volcanic rocks, lamprophyres, carbonatites and melilitic rocks: recommendations and suggestions of the IUGS Subcommittee on the Systematics of Igneous Rocks. *Geology*, 7, p, 331-335. doi: [https://doi.org/10.1130/0091-7613\(1979\)7<331:CANOVR>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0091-7613(1979)7<331:CANOVR>2.0.CO;2)

- Streckeisen, A. (1974). Classification and nomenclature of plutonic rocks, Recommendations of the IUGS Subcommission on the Systematics of Igneous Rocks. *Geologische Rundschau Internationale Zeitschrift fur Geology*. Stuttgart, 63. p, 773-785. doi: 10.1007/BF01820841
- Suárez, C y Díaz, A. (2016). *Estudio petrográfico y estratigráfico de la Formación Jordán en su localidades tipo sobre el escarpe sur de la Mesa de los Santos y cañón del Río Chicamocha, Santander* (Tesis de pregrado). Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia.
- Surlyk, F. (1984). Fan-delta to submarine fan conglomerates of the Volgian-Valanginian Wollaston forland group, East Greenland. *Canadian Society of Petroleum Geologists*, 10, 359-382. Recuperado de: http://archives.datapages.com/data/cspg_sp/data/010/010001/359_cspgsp0100359.htm#purchaseoptions
- Toussaint, J.F. (1993). *Evolución geológica de Colombia durante el Carbonífero y el Pérmico*. Medellín, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Toussaint, J. (1995). *Evolución geológica de Colombia durante el Triásico y el Jurásico*, Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Trumphy, D. (1943). Pre-cretaceous of Colombia. *Bulletin of the geological society of America*, 54, 1281-1304
- Veiga, G.D. (1997). Influencia de factores extrínsecos en la evolución de una planicie aluvial: Sedimentología de la Formación Challacó en el Cerro Lotena, Provincia del Neuquén, Republica de Argentina. *Asociación Argentina de Sedimentología*, 4(2), 111-128. Recuperado de http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1853-63601997000200004
- Vera, J. (1994). *Estratigrafía: Principios y métodos*. Madrid, España: Rueda.

Villarroel, C., Mojica, J. 1987: El Paleozoico Superior (Carbonífero-Pérmico) sedimentario de Colombia. Afloramientos conocidos y características generales. *Geología Colombiana*, (16) 81-87. doi: 10.15446/gc

Ward, D.E., Goldsmith., Jimeno, R., Cruz, J., Restrepo, H., y Gómez, E. (1973). Geología de los cuadrángulos H-12 Bucaramanga y H-13 Pamplona. *Boletín Geológico*, 21(1-3), 1-132.