

**ESTRATIGRAFÍA DE LA FORMACIÓN JORDÁN ENTRE EL MUNICIPIO DE  
PIEDRECUESTA Y LA PUNTA DE LA MESA DE LOS SANTOS,  
SANTANDER.**

**CAMILO ERNESTO ARGUELLO ESLAVA  
JAIME ANDRES GUERRERO PEREZ**



---

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE FISICO-QUÍMICAS  
ESCUELA DE GEOLOGÍA  
BUCARAMANGA  
2015**

**ESTRATIGRAFÍA DE LA FORMACIÓN JORDÁN ENTRE EL MUNICIPIO DE  
PIEDRECUESTA Y LA PUNTA DE LA MESA DE LOS SANTOS, SANTANDER.**

**CAMILO ERNESTO ARGUELLO ESLAVA  
JAIME ANDRES GUERRERO PEREZ**

**Trabajo de grado para optar el título de:  
GEÓLOGO**

**DIRECTOR:  
JAIRO CLAVIJO TORRES  
GEÓLOGO M.S.C.**

---

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE FISICO-QUÍMICAS  
ESCUELA DE GEOLOGÍA  
BUCARAMANGA**

**2015**

## **AGRADECIMIENTOS**

Los autores Camilo Arguello y Jaime Guerrero quieren brindar los más sinceros agradecimientos a:

La Universidad Industrial de Santander por su hospitalidad y conocimiento brindado durante estos años de estancia allí.

El profesor Jairo Clavijo Torres por su constante apoyo y enseñanza a lo largo de la realización de este proyecto.

El Geólogo Hugo Patiño por su disposición y colaboración.

A cada uno de los profesores de nuestra Escuela de Geología, quienes aportaron en nuestra formación profesional.

A nuestras familias quienes siempre tuvieron palabras de aliento para con nosotros.

A nuestros amigos por estar siempre presentes y hacer de esta etapa académica más amena.

## DEDICATORIA

*"Después de escalar una montaña muy alta, descubrimos que hay muchas  
otras montañas por escalar"*

**Nelson Mandela**

*Esta meta cumplida es tan solo una montaña muy alta que con perseverancia  
y constancia he logrado escalar y llegar a la cima con gran éxito.*

*Pero no lo he hecho solo; es por esto que todos mis esfuerzos los dedico:*

*Primeramente a Dios, el que me ha dado fortaleza para continuar en todo  
momento, me ha brindado sabiduría y muchas bendiciones.*

*De igual forma, dedico este trabajo de grado a mi madre que ha sabido  
formarme con buenos hábitos y valores, y ha sido el motor que me impulsó a lo  
largo de mi carrera.*

*A mi Padre, el cual a pesar de ya no estar conmigo ha guiado mis pasos desde  
el cielo, cuidándome y protegiéndome. Al cual agradezco gran parte de la  
formación de mi vida.*

*A Kelly Arias y mi hija hermosa Gabriela Arguello por ser mi fuente de  
motivación e inspiración de superarme cada día más y así luchar para que la  
vida nos depare un futuro lleno de abundancia, éxito y felicidad.*

*A mi familia en general, porque me han brindado su apoyo incondicional, me  
han enseñado que en toda circunstancia debe primar el amor, la unión y la  
fraternidad.*

*A mi compañero de tesis, amigo y hermano Jaime Guerrero por haber hecho  
de esta experiencia y triunfo algo verdaderamente gratificante, y que con el  
trabajo en equipo logramos escalar esta gran montaña.*

**Camilo Arguello**

*“El éxito consiste en obtener lo que se desea. La felicidad, en disfrutar lo que se obtiene”.*

**Ralph W. Emerson**

*Este nuevo triunfo, se lo dedico a*

*Mis padres Jaime Guerrero y Nayibe Pérez, mi hermana Anyul Guerrero y a toda mi familia, quienes siempre han estado a lo largo de mi vida apoyándome y brindándome todo su amor para ser mejor cada día más.*

*A Paola Fernández y su familia, quienes gracias a su amor y motivación hicieron de mis días, los mejores.*

*A Camilo Arguello y su madre, quienes me hicieron sentir día a día parte de su núcleo familiar.*

*A cada uno de mis amigos, quienes siempre estuvieron atentos para brindarme su ayuda constante y desinteresada.*

**Jaime Guerrero**

## TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN.....	20
1. GENERALIDADES.....	21
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	21
1.2 JUSTIFICACIÓN.....	22
1.3 OBJETIVOS.....	23
1.3.1 OBJETIVO GENERAL .....	23
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	23
2. METODOLOGÍA DE ESTUDIO .....	24
2.1 FASE 1: COMPILACIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN BIBLIOGRÁFICA. ....	24
2.2 FASE 2: RECONOCIMIENTO E IDENTIFICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO. ....	24
2.3 FASE 3: CONSTRUCCIÓN DE MAPA, POLIGONALES, LEVANTAMIENTO DE COLUMNAS ESTRATIGRÁFICAS Y TOMA DE DATOS EN LA ZONA DE ESTUDIO PARA SU POSTERIOR ANÁLISIS. ....	24
2.4 FASE 4: INTERPRETACIÓN DE LA INFORMACIÓN RECOPIADA EN CAMPO.....	25
2.5 FASE 5: ELABORACIÓN Y EDICIÓN DEL DOCUMENTO FINAL.....	25
3. MARCO TEÓRICO .....	27
3.1 ESTRATO.....	27
3.2 ESTRATIFICACIÓN Y LAMINACIÓN .....	27
3.3 SUPERFICIES DE ESTRATIFICACIÓN.....	28
3.4 GEOMETRÍA DE LAS CAPAS.....	28
3.5 FACIES .....	29
3.6 TIPOS DE FACIES .....	31
3.7 CLASIFICACIÓN DE LAS FACIES .....	32
3.8 TIPOS DE SECUENCIAS DE FACIES.....	32

3.9	ASOCIACIONES DE FACIES.....	33
3.9.1	Distribución areal y temporal de las facies. ....	34
3.10	CUENCA SEDIMENTARIA.....	35
3.10.1	Clasificación de cuencas sedimentarias en relación a la tectónica .....	36
3.10.2	Cuencas de rift y estructuras tipo graben .....	37
3.11	AMBIENTES DE DEPOSITACIÓN FLUVIAL.....	39
3.11.1	Ríos meandriformes (meandering) .....	40
3.11.2	Ríos entrelazados o trenzados (braided).....	40
3.11.3	SISTEMAS DE ABANICO ALUVIAL .....	41
3.12	AMBIENTE DE LAGOS Y SISTEMAS LACUSTRES.....	42
3.13	AMBIENTE VOLCÁNICO.....	43
4.	GENERALIDADES DEL ÁREA DE ESTUDIO .....	44
4.1	LOCALIZACIÓN.....	44
4.2	VÍAS DE ACCESO .....	49
4.3	FISIOGRAFÍA, VEGETACIÓN Y CLIMA.....	50
5.	ANTECEDENTES.....	52
6.	MARCO GEOLÓGICO .....	54
6.1	GEOLOGÍA ESTRUCTURAL.....	56
6.1.1	Falla de bucaramanga-santa marta.....	58
6.1.2	Falla del Suárez.....	58
6.2	ESTRATIGRAFÍA .....	59
6.2.1	Formación silgará (PZS)(OS-S)(PDS). ....	59
6.2.2	Granito de pescadero (T3J1GP)(J1-GP)(JTRGP). ....	59
6.2.3	Formación jordán (JJ)(J1J2J)(JJ-MJ). ....	60
6.2.4	Formación girón (JG)(JS-KIG)(J3K1-G). ....	61
6.2.5	Formación los santos (Tambor) (K1LS) (KITA-KILS).....	62

6.2.6	Depósitos cuaternarios.....	62
7.	DESCRIPCIÓN ESTRATIGRÁFICA DE LAS SECCIONES.....	64
7.1	COLUMNA ESTRATIGRÁFICA BLANQUISCAL ALTO. ....	65
7.2	COLUMNA ESTRATIGRÁFICA BLANQUISCAL BAJO.....	77
7.3	COLUMNA ESTRATIGRÁFICA EL VOLADOR.....	88
7.4	COLUMNA ESTRATIGRÁFICA VILLA ROSA.....	101
8.	ANÁLISIS DE MUESTRAS EN LÁMINA DELGADA .....	114
9.	FACIES.....	119
9.1	FACIES DE LA FORMACIÓN LOS SANTOS .....	119
9.2	FACIES DE LA FORMACIÓN GIRÓN .....	119
9.3	FACIES DE LA FORMACIÓN JORDÁN.....	120
9.4	FACIES DE LA FORMACIÓN SILGARÁ .....	122
10.	ASOCIACIÓN DE FACIES Y AMBIENTES DE DEPOSITACIÓN .....	125
10.1	ASOCIACIÓN DE FACIES DE LA COLUMNA BLANQUISCAL ALTO.....	125
10.2	ASOCIACIÓN DE FACIES DE LA COLUMNA BLANQUISCAL BAJO .....	131
10.3	ASOCIACIÓN DE FACIES DE LA COLUMNA EL VOLADOR .....	137
10.4	ASOCIACIÓN DE FACIES DE LA COLUMNA VILLA ROSA.....	147
11.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	162
11.2	LA FORMACIÓN JORDÁN Y LA FORMACIÓN NOREÁN .....	165
12.	CONCLUSIONES .....	168
13.	RECOMENDACIONES.....	170
	BIBLIOGRAFÍA .....	171

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Tipos de superficies de estratificación .....	28
Figura 2. Representación de la forma de las capas.....	29
Figura 3. Principales constituyentes que definen una facies sedimentaria. ....	30
Figura 4. Diagrama esquemático de las subdivisiones estratigráficas en sistemas tectónicos extensionales.....	39
Figura 5. Diagrama de bloques que muestra los elementos morfológicos de un sistema fluvial meandriforme. ....	40
Figura 6. Desarrollo de un sistema fluvial entrelazado o trenzado. A: Irregularidades en el fondo. B: Desarrollo de una barra en el centro del canal y concentración del flujo en canales laterales. C: Ampliación lateral del canal, generación de múltiples barras. ....	41
Figura 7. Diferentes ambientes de sedimentación y principales regímenes deposicionales de los sistemas lacustres. ....	43
Figura 8. Rangos frecuentes de depósitos volcanoclásticos en ambientes continentales y lacustres en relación con la distancia de la fuente. ....	44
Figura 9. Localización geográfica del área de estudio. ....	45
Figura 10. Ubicación geológica e ilustración de las zonas de levantamiento de las columnas estratigráficas en el departamento de Santander. Tomado y modificado de <i>“Planchas 120-IV-B y 120-II-D de Santander”</i> . ....	46
Figura 11. Mapa geológico del área de interés a escala 1:25000.....	48
Figura 12. Vías de acceso al área de estudio. ....	49
Figura 13. Modelo tectónico de la placa Sudamericana (modificados por Paula Meijer, 1995). Las flechas indican el movimiento relativo actual con respecto a América del Sur (De mets et al, 1990 y Pelayo y Wiens, 1989 para Sco-SAM y Snd-SAM.) .....	55
Figura 14. Esquema oeste-este de los Andes colombianos. ....	55
Figura 15. Esquema tectónico del departamento de Santander. ....	56
Figura 16. Esquema estructural del departamento de Santander.....	57
Figura 17. Localización geográfica de las secciones levantadas. ....	64
Figura 18. Localización geográfica (tomada de Google Earth 2014) y poligonal de la sección Blanquiscal Alto elaborada por autores.....	65
Figura 19. Ilustración de base y techo del segmento 1, columna Blanquiscal Alto.....	67
Figura 20. Ilustración de base y techo del segmento 2, columna Blanquiscal Alto.....	68
Figura 21. Ilustración de parte del segmento 3, columna Blanquiscal Alto. ....	69
Figura 22. Ilustración del techo del segmento 4, columna Blanquiscal Alto.....	70
Figura 23. Ilustración de base del segmento 5, columna Blanquiscal Alto.....	71

Figura 24. Ilustración de techo del segmento 6, columna Blanquiscal Alto.....	73
Figura 25. Ilustración de techo y base del segmento 7, columna Blanquiscal Alto. Se observan los contactos entre Formación Jordán- Formación Girón y Formación Girón- Formación Los Santos. ....	74
Figura 26. Ilustración de techo y base del segmento 8, columna Blanquiscal Alto. Se observa nuevamente el contacto entre Formación Los Santos- Formación Girón. ....	75
Figura 27. Columna estratigráfica Blanquiscal Alto a escala 1:120. ....	76
Figura 28. Localización geográfica (tomada de Google Earth 2014) y poligonal de la sección Blanquiscal Bajo elaborada por autores.....	77
Figura 29. Ilustración de la base del segmento 1 correspondiente a la Formación Silgará, columna Blanquiscal Bajo. ....	78
Figura 30. Ilustración de base 2. Se ilustra el contacto fallado entre la Formación Jordán y la Formación Silgará, columna Blanquiscal Bajo.....	80
Figura 31. Ilustración de parte del segmento 3, columna Blanquiscal Bajo. ....	81
Figura 32. Ilustración de parte del segmento 4, columna Blanquiscal Bajo. ....	82
Figura 33. Ilustración de parte del segmento 5, columna Blanquiscal Bajo. ....	83
Figura 34. Ilustración de parte del segmento 6, columna Blanquiscal bajo. ....	84
Figura 35. Ilustración de techo del segmento 7, columna Blanquiscal Bajo.....	85
Figura 36. Ilustración de base y techo del segmento 8. Parte final de la sección, columna Blanquiscal Bajo. ....	86
Figura 37. Columna Estratigráfica Blanquiscal Bajo a Escala 1:120.....	87
Figura 38. Localización geográfica (tomada de Google Earth 2014) y poligonal de la sección El Volador elaborada por autores.....	88
Figura 39. Ilustración de base y techo del segmento 1. Formación Silgará, columna El Volador.....	89
Figura 40. Ilustración de parte del segmento 2, columna El Volador. Formación Jordán.....	90
Figura 41. Ilustración de parte del segmento 3, columna El Volador. ....	91
Figura 42. Ilustración de parte del segmento 4, columna El Volador. ....	92
Figura 43. Ilustración de techo del segmento 5, columna El Volador. ....	94
Figura 44. Ilustración de base y techo del segmento 6, columna El Volador. ....	95
Figura 45. Ilustración de base y techo del segmento 7, columna El Volador. ....	96
Figura 46. Ilustración de base y techo del segmento 8, columna El Volador. ....	97
Figura 47. Ilustración de base y techo del segmento 9, columna El Volador. ....	98
Figura 48. Ilustración de base y techo del segmento 10, columna El Volador. ....	99
Figura 49. Columna Estratigráfica El Volador a Escala 1:120.....	100
Figura 50. Localización geográfica (tomada de Google Earth 2014) y poligonal de la sección Villa Rosa elaborada por autores. ....	101
Figura 51. Ilustración de base y techo del segmento 1, columna Villa Rosa. ....	102
Figura 52. Ilustración de base y techo del segmento 2, columna Villa Rosa. ....	103
Figura 53. Ilustración de base y techo del segmento 3, columna Villa Rosa. ....	104

Figura 54. Ilustración de parte del segmento 4, columna Villa Rosa. ....	105
Figura 55. Ilustración de techo del segmento 6, columna Villa Rosa. ....	106
Figura 56. Ilustración de base y techo del segmento 7, columna Villa Rosa. .	107
Figura 57. Ilustración de base y techo del segmento 8, columna Villa Rosa. .	108
Figura 58. Ilustración de base del segmento 9. El techo no se muestra, columna Villa Rosa. ....	109
Figura 59. Ilustración de base y techo del segmento 10, columna Villa Rosa.	110
Figura 60. Ilustración de base y techo del segmento 11, columna Villa Rosa. ....	111
Figura 61. Ilustración de base y techo del segmento 12, columna Villa Rosa.	112
Figura 62. Columna Estratigráfica Villa Rosa a Escala 1:120. ....	113
Figura 63. Fotografías sección delgada de limolita calcárea mostradas en nícoles paralelos (A-B-C) y nícoles cruzados (A'-B'-C'). ....	115
Figura 64. Fotografías sección delgada de limolita mostradas en nícoles paralelos (A-B-C) y nícoles cruzados (A'-B'-C'). ....	116
Figura 65. Fotografías sección delgada de toba lítica mostradas en nícoles paralelos (A-B-C) y nícoles cruzados (A'-B'-C'). ....	117
Figura 66. Fotografías sección delgada de ignimbrita mostradas en nícoles paralelos (A-B-C) y nícoles cruzados (A'-B'-C'). ....	118
Figura 67. Columna Asociación de Facies e Interpretación de Ambientes Sección Blanquiscal Alto. ....	130
Figura 68. Columna Asociación de Facies e Interpretación de Ambientes Sección Blanquiscal Bajo. ....	136
Figura 69. Columna Asociación de Facies e Interpretación de Ambientes Sección el Volador. ....	146
Figura 70. Columna Asociación de Facies e Interpretación de Ambientes Sección Villa Rosa. ....	158
Figura 71. Marco tectónico del margen noroccidental de Suramérica durante el Jurásico Superior. Tomado de " <i>Pindell et al, 2001</i> ". ....	163
Figura 72. Parte del conjunto superior de la Formación Jordán. Limolitas y Tobas de ceniza. ....	164
Figura 73. Limolitas y rocas volcánicas de la Formación Guatapurí. ....	164
Figura 74. Parte del conjunto inferior de la Formación Jordán, Columna El Volador. ....	164
Figura 75. Parte del conjunto inferior medio de la Formación Jordán, Columna El Volador. ....	164
Figura 76. Corte esquemático del Triásico tardío-Jurásico temprano. Sedimentación de la Formación Noreán y actividad magmática. Graben de San Lucas. Tomado de " <i>Evolución geológica de la Serranía de San Lucas, norte del Valle Medio del Magdalena y noroeste de la Cordillera oriental, Clavijo et al (2008).</i> " ....	166
Figura 86. Columna estratigráfica de la Unidad Volcanoclástica Noreán. ....	166

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Cronograma de actividades para la elaboración del presente proyecto. .....	26
Tabla 2. Datos de análisis de microscopia correspondiente a muestras de la Formación Jordán. ....	114
Tabla 3. Facies relacionadas con las columnas estratigráficas levantadas. ...	123
Tabla 4. Relación de litofacies con el Ambiente de depósito. ....	159

## LISTA DE ANEXOS

- Anexo A. Columna Estratigráfica Blanquiscal Alto a escala 1:120.
- Anexo B. Columna Estratigráfica Blanquiscal Bajo a escala 1:120.
- Anexo C. Columna Estratigráfica El Volador a escala 1:120.
- Anexo D. Columna Estratigráfica Villa Rosa a escala 1:120.
- Anexo E. Poligonal Sección Estratigráfica Blanquiscal Alto.
- Anexo F. Poligonal Sección Estratigráfica Blanquiscal Bajo.
- Anexo G. Poligonal Sección Estratigráfica El Volador.
- Anexo H. Poligonal Sección Estratigráfica Villa Rosa.
- Anexo I. Columna Asociación de Facies e Interpretación de Ambientes de la Sección Blanquiscal Alto.
- Anexo J. Columna Asociación de Facies e Interpretación de Ambientes de la Sección Blanquiscal Bajo.
- Anexo K. Columna Asociación de Facies e Interpretación de Ambientes de la Sección El Volador.
- Anexo L. Columna Asociación de Facies e Interpretación de Ambientes de la Sección Villa Rosa.
- Anexo M. Catálogo de Muestras de Mano.
- Anexo N. Mapa Geológico escala 1:25.000

NOTA: *Los anexos se encuentran adjuntos en una carpeta aparte.*

## RESUMEN

**TITULO: ESTRATIGRAFÍA DE LA FORMACIÓN JORDÁN ENTRE EL MUNICIPIO DE PIEDECUESTA Y LA PUNTA DE LA MESA DE LOS SANTOS, SANTANDER. \***

**AUTORES:** ARGUELLO ESLAVA CAMILO ERNESTO \*\*  
GUERRERO PEREZ JAIME ANDRES \*\*

**PALABRAS CLAVE:** FORMACIÓN JORDÁN, JURÁSICO INFERIOR-MEDIO, CALCÁREO, VOLCANOCLÁSTICO, FACIES.

La Formación Jordán (Jurásico inferior- medio) descrita inicialmente por Cediel (1968) a 1 km al occidente del municipio de Jordán en Santander, ha tenido diferentes estudios hasta la actualidad, llevando enfoques generalizados y con descripciones limitadas. De acuerdo a la necesidad de mejorar el conocimiento y entendimiento sobre esta formación, se realizó el presente estudio estratigráfico a mayor detalle en zonas en donde la Formación Jordán aflora en contacto con formaciones como Silgará y Girón. El aporte en el presente proyecto, se basa en el levantamiento de cuatro columnas estratigráficas a escala 1:120 en áreas ubicadas entre el municipio de Piedecuesta y La Punta de la Mesa de Los Santos, Departamento de Santander. Las columnas estratigráficas permitieron caracterizar las facies sedimentarias correspondientes para determinar las características y ambientes de depositación de la Formación Jordán como ambiente continental fluvial, ambiente lacustre y ambiente volcanoclástico.

El proyecto realizado con ayuda también de poligonales, petrografía en secciones delgadas y mapa geológico a escala 1:25.000 compilado y modificado por autores, nos permite realizar un aporte mucho mayor al conocimiento y entendimiento acerca de la Formación Jordán, permitiendo también la diferenciación con otras formaciones geológicas con similares características litológicas y depositacionales ubicadas dentro del territorio Colombiano, como lo son las formaciones Noreán y Guatapurí.

\*Trabajo de Grado

\*\*Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físicoquímicas. Escuela de Geología. Director: JAIRO CLAVIJO TORRES, Geólogo, M.Sc, UIS.

## ABSTRACT

**TITLE: STRATIGRAPHY OF THE JORDÁN FORMATION BETWEEN THE MUNICIPALITY OF PIEDECUESTA AND LA PUNTA DE LA MESA DE LOS SANTOS, SANTANDER.**

\*

**AUTHORS:** ARGUELLO ESLAVA CAMILO ERNESTO \*\*  
GUERRERO PEREZ JAIME ANDRES \*\*

**KEY WORDS:** JORDÁN FORMATION, MIDDLE JURASSIC- LOWER, CALCAREOUS, VOLCANOCLASTIC, FACIES.

Jordán Formation (Middle Jurassic-lower) initially described by Cediel (1968) at 1 km west of the town of Jordán in Santander, has had different studies up to date, carrying generalized approaches and limited descriptions. According to the need to improve knowledge and understanding of this formation, this stratigraphic study was conducted in much more detail in specific areas where the Jordán Formation appears in contact with formations like Silgará and Girón. The contribution in this project is based principally on four stratigraphic columns (1: 120 scale) located between the municipality of Piedecuesta and La Punta de la Mesa de Los Santos, Department of Santander. Stratigraphic columns allowed characterize the corresponding sedimentary facies to determine everything about the characteristics and depositional environments that contains the Jordán Formation as fluvial continental environment, lacustrine environment and volcanoclastic environment.

The project done with also helps of polygonal, thin sections petrography and a geological map (1:25.000 scale) compiled and modified by authors, allows us to make a much better contribution to knowledge and understanding about all of the Jordán Formation, also allowing differentiation from other geological formations with lithology and deposit similar located within Colombian territory, as are the Noreán and Guatapurí formations.

\*Degree Project

\*\* Industrial University of Santander. Physicochemical engineering faculty. Geology School. Direct by: JAIRO CLAVIJO TORRES, Geologist, M.Sc. UIS.

## INTRODUCCIÓN

El levantamiento y medición detallada de una columna estratigráfica es de vital importancia para la obtención de información como sedimentología, estratigrafía, análisis de facies, etc. siendo su representación vertical, la superposición de distintos fenómenos físicos presentes en la naturaleza los cuales a lo largo de un determinado tiempo, depositan las diferentes capas de sedimentos y estratos que se encuentran presentes.

El presente trabajo de grado se realiza como aporte al conocimiento que se tiene acerca de la Formación Jordán, la cual debido a sus escasos estudios hace necesario una investigación mucho más a detalle, permitiendo dar mayor claridad en la descripción de esta unidad.

Para la realización de esta investigación se procedió al levantamiento de cuatro columnas estratigráficas semidetalladas de la Formación Jordán en el sector comprendido entre el municipio de Piedecuesta y el peaje La Punta de la Mesa de los Santos (Departamento de Santander), con el fin de diferenciar e interpretar los conjuntos de esta unidad y sus características litológicas, al igual que sus respectivas facies, y así distinguir ambientes típicos de depósito. De igual forma, mediante el muestreo realizado en el levantamiento de las cuatro columnas estratigráficas, se elaboraron láminas delgadas de algunas litofacies presentes para describirlas petrográficamente y tener mucho más detalle de estas rocas pertenecientes a la Formación Jordán.

Por consiguiente, este proyecto es llevado a cabo con el fin de actualizar y mejorar el conocimiento acerca de esta formación geológica, complementando a cabalidad toda información y relacionándola con estudios generalizados anteriormente hechos.

## 1. GENERALIDADES

### 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La investigación y el análisis de un determinado tema, es parte fundamental para el desarrollo del conocimiento. En todas las ramas del conocimiento y en especial en geología son de suma importancia, ya que gracias a estos, se puede comprender y concluir acerca de un determinado tema, para nuestro caso en eventos geológicos que conllevaron a la evolución y creación de una unidad geológica específica.

Los estudios realizados de la Formación Jordán hasta el día de hoy, han llevado un enfoque generalizado, siendo las descripciones limitadas para esta unidad.

En primer lugar Julivert (1964) y Téllez (1964) describieron la Formación Girón en los mapas del área de mesas al sur de Bucaramanga, sin tener conocimiento de que una parte de esta unidad posteriormente sería descrita como la Formación Jordán. Fue entonces Cediell (1968) en el estudio de la Formación Girón en el área de Bucaramanga donde la Formación Jordán fue por primera vez descrita a 1 km del pueblo de Jordán sobre la pendiente norte del cañón del río Chicamocha (Plancha 135-II-B, D-3, E-3); aunque en esta descripción la base de la sección no se encuentra expuesta, esta constituye la sección tipo de la Formación Jordán.

Seguidamente Aya E. (1968) sobre la margen oeste del cañón del río de Oro y Vargas R. (1968) a lo largo de una cima de 2 km al suroeste de Piedecuesta, realizaron una nueva descripción acerca de esta unidad. Sin embargo, en los anteriores trabajos se observa que las descripciones son generalizadas en donde la ausencia también de columnas estratigráficas, justifica la necesidad de realizar una nueva investigación a detalle, que permita claridad y seguridad a la hora de describir esta unidad.

Por consiguiente, este proyecto es llevado a cabo con el fin de actualizar el conocimiento acerca de esta formación geológica, permitiendo la zona comprendida entre el municipio de Piedecuesta y La Punta de La Mesa (área del presente proyecto) ser una nueva ayuda para mejorar y complementar a cabalidad toda información relacionada por medio de descripciones sedimentarias como el levantamiento de columnas estratigráficas que nos permitan aclarar y asegurarnos de la composición y secuencia estratigráfica de esta formación.

## **1.2 JUSTIFICACIÓN**

Desde la propuesta de Cediél (1968) de introducir el término Jordán como unidad de rango formacional (diferenciándola de la Formación Girón y las columnas estratigráficas levantadas entre 1968 y 1971), los estudios realizados posteriormente y hasta la fecha se han limitado a descripciones generalizadas y puntuales. Nuevas secciones disponibles actualmente permiten adelantar estudios estratigráficos y sedimentológicos que indudablemente mejorarán el conocimiento que se tiene sobre esta unidad.

## **1.3 OBJETIVOS**

### **1.3.1 OBJETIVO GENERAL**

- Realizar un análisis estratigráfico y sedimentológico de la Formación Jordán, con el fin de contribuir al conocimiento de esta unidad en el área del municipio de Piedecuesta y el peaje La Punta en La Mesa de los Santos.

### **1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Levantamiento semidetallado de cuatro columnas estratigráficas de la Formación Jordán a escala 1:120.
- Identificación y análisis de facies de la Formación Jordán, con el fin de reconocer los ambientes donde se depositaron y formaron dichas unidades.
- Toma y clasificación de muestras de roca.
- Verificación y descripción de aportes volcánicos en la unidad objeto de estudio.
- Establecimiento en base a resultados, unidades equivalentes a la Formación Jordán.

## **2. METODOLOGÍA DE ESTUDIO**

La realización del trabajo de grado se planea y resume de una manera organizada en seis fases, descritas brevemente a continuación:

### **2.1 FASE 1: COMPILACIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN BIBLIOGRÁFICA.**

En esta fase se realizó una búsqueda y compilación bibliográfica detallada de estudios previos realizados con anterioridad en la zona, además de artículos, mapas geológicos y memorias explicativas. Todo esto con el fin de obtener fundamentos y conocimientos básicos para el desarrollo de dicho estudio. También, se procedió con la estructuración del cronograma de actividades, el cual fue de gran ayuda en la consecución de los objetivos propuestos previamente en un tiempo determinado. La búsqueda de esta información se desarrolló en la biblioteca de la Universidad Industrial de Santander (UIS), Servicio Geológico Colombiano (SGC), Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), y documentos virtuales vía internet, entre otros.

### **2.2 FASE 2: RECONOCIMIENTO E IDENTIFICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO.**

Se llevaron a cabo varias salidas durante un periodo de 3 semanas a la zona de estudio, con el fin de localizar e identificar las unidades geológicas de interés y rutas de acceso al área. Además, se evaluaron las zonas de la Formación Jordán más favorables para el levantamiento de las columnas estratigráficas.

### **2.3 FASE 3: CONSTRUCCIÓN DE MAPA, POLIGONALES, LEVANTAMIENTO DE COLUMNAS ESTRATIGRÁFICAS Y TOMA DE DATOS EN LA ZONA DE ESTUDIO PARA SU POSTERIOR ANÁLISIS.**

Para esta tercera fase que duró aproximadamente 5 semanas se realizó un mapa geológico del área de estudio a escala 1:25000, tomando como referencia la geología de la plancha 120 Bucaramanga y pasándola a los mapas topográficos 120-IV-B/120-II-D. Posteriormente se hicieron las respectivas poligonales de las secciones levantadas. Después se procedió a realizar el levantamiento de cuatro columnas estratigráficas a escala 1:120 en diferentes puntos de la zona de estudio dentro de la Formación Jordán, haciendo énfasis en la litología aflorante, estructuras sedimentarias, contactos, espesores, geometría y coloración. En el procedimiento de esta fase se tomaron un total de 21 muestras de mano de roca, de las cuales se realizaron 4 secciones delgadas. También fueron tomadas fotografías, datos estructurales y posiciones geográficas con la ayuda de un GPS. Posteriormente, se realizó la interpretación y análisis de toda esta información obtenida.

#### **2.4 FASE 4: INTERPRETACIÓN DE LA INFORMACIÓN RECOPIADA EN CAMPO.**

En esta fase se llevó a cabo la interpretación y análisis de todos los datos obtenidos en el reconocimiento de campo, elaboración de poligonales, levantamiento de las columnas estratigráficas y análisis de las muestras recolectadas.

Se definieron las facies presentes en la zona de estudio y los ambientes de depósito. Estas facies se caracterizaron teniendo en cuenta su litología, rasgos texturales, estructuras y contactos entre las capas.

#### **2.5 FASE 5: ELABORACIÓN Y EDICIÓN DEL DOCUMENTO FINAL.**

Una vez cumplidas exitosamente las fases citadas anteriormente, se procedió con la elaboración del documento final que presentará los resultados y conclusiones del trabajo de investigación, realizando posteriormente la sustentación del proyecto ante el comité evaluador.

Tabla 1. Cronograma de actividades para la elaboración del presente proyecto.

Fase \ Semana	Mes 1				Mes 2				Mes 3				Mes 4				Mes 5			
	Semana				Semana				Semana				Semana				Semana			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Fase 1																				
Fase 2																				
Fase 3																				
Fase 4																				
Fase 5																				

### **3. MARCO TEÓRICO**

Para la realización del presente proyecto, se emplearon conceptos básicos de estratigrafía, los cuales para un mayor entendimiento serán expuestos y definidos a continuación:

#### **3.1 ESTRATO**

Este término fue definido por Steno como “capa de roca (o de sedimento) limitada por superficies horizontales con continuidad lateral y que equivale a una unidad de tiempo de depósito”. Otto desde un punto de vista genético define estrato como “una unidad de sedimentación que se ha depositado esencialmente bajo condiciones físicas constantes”. Además, Campbell (1967) desde un punto de vista geométrico “un nivel de roca o sedimento más o menos distinguible de forma visual o física, separado de los niveles superior e inferior por superficies denominadas superficies de estratificación”

#### **3.2 ESTRATIFICACIÓN Y LAMINACIÓN**

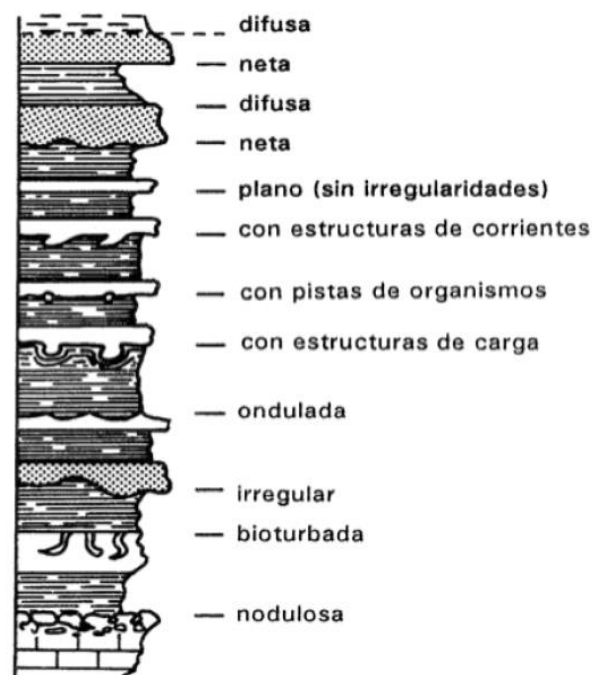
La estratificación se refiere a la disposición en estratos de los sedimentos, rocas sedimentarias y algunas rocas metamórficas. Al basarse la definición en la de estrato, el término estratificación se refiere tanto en el aspecto geométrico (dispositivo en capas sucesivas) como al genético (intervalos sucesivos de sedimentación (Vera, 1994)).

Por otra parte en cuanto a la laminación Corrales *et al* (1977) la define como “la disposición sucesiva de láminas dentro de un estrato”. La laminación es considerada como una estructura de ordenamiento interno dentro de los estratos, distinguiéndose fundamentalmente: laminación paralela, laminación cruzada, laminación ondulosa, laminación contorsionada, etc. (Vera, 1994).

### 3.3 SUPERFICIES DE ESTRATIFICACIÓN

También denominado planos de estratificación. Son superficies que limitan los estratos y se producen principalmente durante el período de interrupción de la sedimentación, cuya duración puede ser muy variable, o por un cambio brusco en las condiciones de depósito. Las superficies de estratificación pueden ser netas o difusas, en donde desde un punto de vista geométrico se pueden diferenciar con cierta facilidad siendo un primer tipo las *superficies planas* y un segundo las *superficies irregulares* que muestran un carácter erosivo (Vera, 1994). A continuación se ilustran los tipos de superficies de estratificación.

Figura 1. Tipos de superficies de estratificación



Tomado de “Estratigrafía principios y métodos, Vera (1994)”.

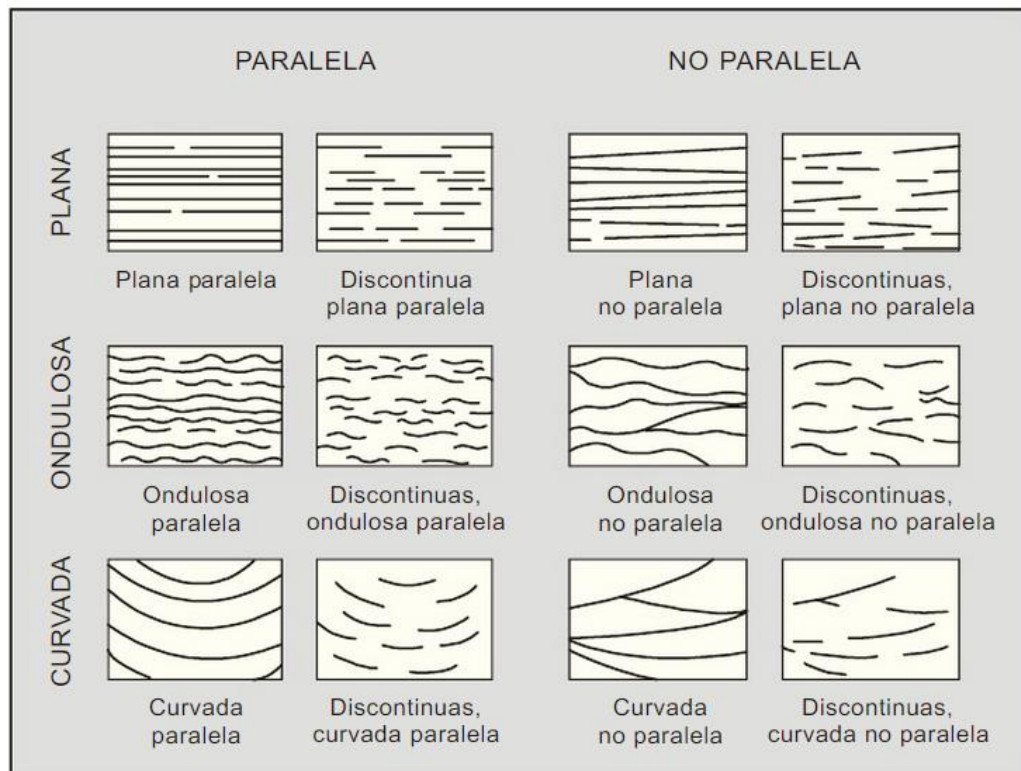
### 3.4 GEOMETRÍA DE LAS CAPAS

La geometría de una capa depende de las relaciones entre las superficies de estratificación, que puede ser paralela o no paralela. Las superficies de estratificación con estas tendencias se describen como incluso, ondulada o

curvada. Las capas tienen una variedad de formas; más comúnmente son tabulares o lenticulares, pero pueden ser en forma de cuña, irregulares o en formas tabulares curvadas. Las capas podrían estar laminadas internamente.

La composición y textura dentro de una capa pueden ser: 1) uniforme o heterogénea 2) rítmicamente variable o 3) sistemáticamente gradacional (Campbell, 1967).

Figura 2. Representación de la forma de las capas.



Tomado de "*Lamina, laminaset, bed and bedset, Campbell (1974)*".

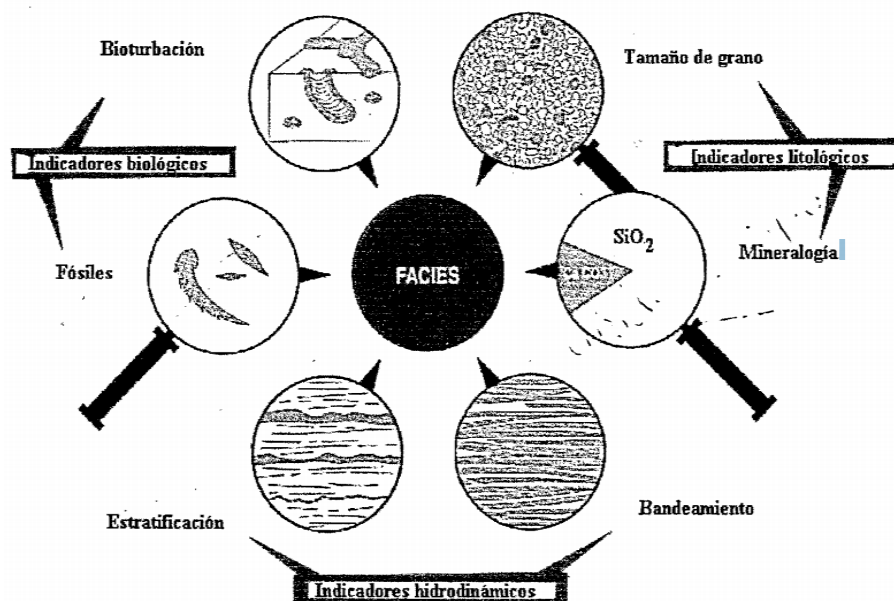
### 3.5 FACIES:

Este término usado originalmente por Steno en la segunda mitad del siglo XVII, fue formalmente introducido por Gressly (1838) y traducido por Teichert (1958) en la nomenclatura geológica refiriéndose a la suma total de aspectos litológicos y paleontológicos de una unidad estratigráfica.

Desde la anterior definición, se han originado numerosas discusiones en torno al uso y significado del término facies, sin embargo según Walker (1984) la definición debe ser totalmente objetiva y debe basarse en los datos obtenidos en el campo al observar las rocas. Además este concepto debe utilizarse en sentido descriptivo (identificación y descripción con énfasis en la definición objetiva del producto sedimentario) o interpretativo (identificación de los procesos sedimentarios que originaron el cuerpo sedimentario) según afirma Miall (1984).

Para la clasificación de facies sedimentarias de una unidad geológica se debe tener en cuenta los procesos que originaron el cuerpo sedimentario. Tales procesos se evidencian en indicadores como son: biológicos (bioturbación y fósiles), litológicos (tamaño de grano y mineralogía) e hidrodinámicos (estratificación y bandeamiento).

Figura 3. Principales constituyentes que definen una facies sedimentaria.



Tomado de "Homewood et al (2000)".

### 3.6 TIPOS DE FACIES

Dado a que son diversos los aspectos que se pueden observar en las rocas o conjuntos de rocas, se puede hablar de distintos tipos de facies tales como:

- *Litofacies*

Geólogos americanos como Pettijohn, Sloss y Krumbein se refieren a este término como “las características comunes de la composición litológica de las rocas en una unidad estratigráfica específica dentro de una región dada”. Además las litofacies involucran facies en alusión a la composición mineralógica, textura y estructuras de la roca.

Gressly (1838) en Walker (2006) define en base a las características sedimentarias que pueden estar conformadas por una sola litología o intercalaciones de varias litologías.

- *Biofacies*

Brenchley (1990) se refiere a este término como “asociación de fósiles que caracterizan una región o cuerpo de roca” mientras que Bromley (1996) en Walker (2006) hacen alusión a este término como aquellos materiales caracterizados por los restos de los diferentes organismos que se diferencian de los adyacentes y contribuyen datos del medio. Hallam (1981) considera innecesario hacer la división lito- y bio-facies, siendo los fósiles para él, parte de la roca, llegando al punto de considerar sinónimos los términos facies y litofacies, y no usar el de biofacies.

- *Tectonofacies*

Krumbein and Sloss (1951) definen este concepto como “el aspecto tectónico lateralmente variable de una unidad estratigráfica”. Para la aplicación de este término es necesario un estudio e interpretación a detalle.

### **3.7 CLASIFICACIÓN DE LAS FACIES**

Dos aspectos fundamentales del análisis sedimentológico y estratigráfico corresponden a la delimitación y estudio de las facies y de sus asociaciones. Estas son fundamentales para la interpretación genética de materiales antiguos y su comparación con los actuales, aplicando de esta manera, el principio del uniformismo y el método actualista.

Según las características litológicas y estratigráficas, las facies se pueden clasificar:

- Facies detríticas fluviales:

La clasificación está basada en el tamaño de grano, diferenciando facies de conglomerados (con sigla C), de areniscas (con sigla A) y de limolitas, lodolitas, arcillolitas (con sigla Li, Lo, Ar respectivamente) y dentro de ellas diferentes litofacies en función del tipo de estratificación, textura y estructuras sedimentarias, que responden a unas características genéticas concretas en medio fluviales.

- Facies Carbonatadas:

Para el presente estudio se propone una clasificación de facies carbonatadas elaborada por los autores, basados en las clasificaciones texturales y composicionales de las rocas que afloran en el área.

### **3.8 TIPOS DE SECUENCIAS DE FACIES**

Para el análisis de las secuencias de facies se debe tener en cuenta:

- Secuencias granocrecientes

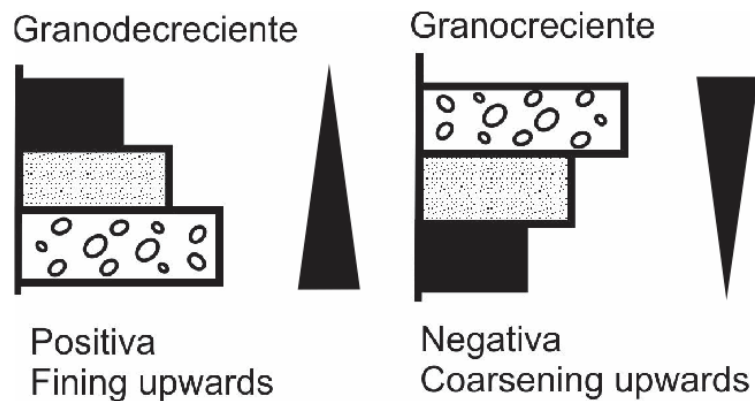
Son aquellas según Vera (1994) “en las que hacia el techo de la secuencia se localizan ordenadamente materiales de facies detríticas más gruesas y el tamaño del grano de los materiales crece desde base a techo”. Por otra parte

Lombard (1956) la define como secuencia negativa, es decir “las que pasan hacia el techo a facies de mayor energía”.

- Secuencias granodecrescentes

Se refiere según Vera (1994) a aquellas “en las que hacia el techo de la secuencia se localizan materiales de facies detríticas más finas. El tamaño medio del grano de los materiales decrece desde muro a techo”. Estas secuencias son denominadas por Lombard (1956) como secuencias positivas siendo “aquellas en las que hacia el techo se dispone las facies de energía cada vez menor”.

Figura 4. Tipos de secuencias de facies.



Tomado de “Sedimentología: del proceso físico a la cuenca sedimentaria, Arche (2010)” y modificado por autores.

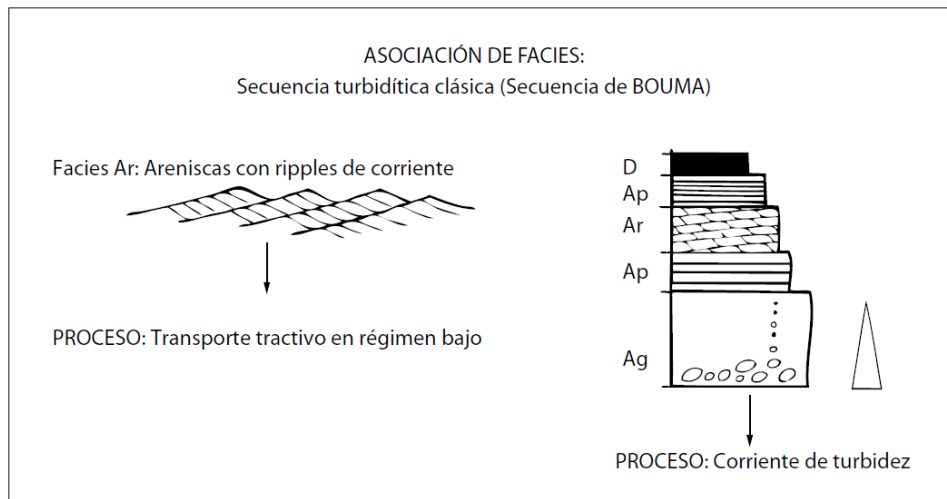
### 3.9 ASOCIACIONES DE FACIES

Este término fue inicialmente utilizado por Gressly (1838) y reproducido por Teichert (1958). Se refiere a la distribución ordenada de varias facies elementales genéticamente relacionadas.

Potter (1967) se refirió y definió este concepto como una agrupación de atributos sedimentarios que se asocian, incluyendo la geometría (espesor y extensión areal), continuidad y secuencia de unidades litológicas, tipos de

rocas, estructuras sedimentarias y fauna (tipos y abundancia). Collinson (1969) argumenta grupos de facies genéticamente relacionados entre sí y que tienen cierta relevancia ambiental, además la comprensión de las asociaciones de facies es un elemento crítico para la reconstrucción de ambientes de paleo depósitos. Arche (2010) hace alusión a la agrupación de facies que tienen una génesis común, es decir, que se interpretan como el producto de un medio o proceso sedimentario concreto y bien definido”

Figura 5. Relación entre facies, asociaciones de facies y procesos sedimentarios.



Tomado de “*Sedimentología: del proceso físico a la cuenca sedimentaria*, Arche (2010)”

**3.9.1 Distribución areal y temporal de las facies.** De acuerdo con la posición de los cambios de facies con respecto a las superficies de estratificación se pueden diferenciar tres tipos:

a. Cambios laterales de facies:

Son aquellos que ocurren entre dos facies comprendidas entre dos líneas isócronas y por tanto marcan el paso de una facies a otra coetánea. Además, la superficie de cambio es perpendicular a las superficies deposicionales.

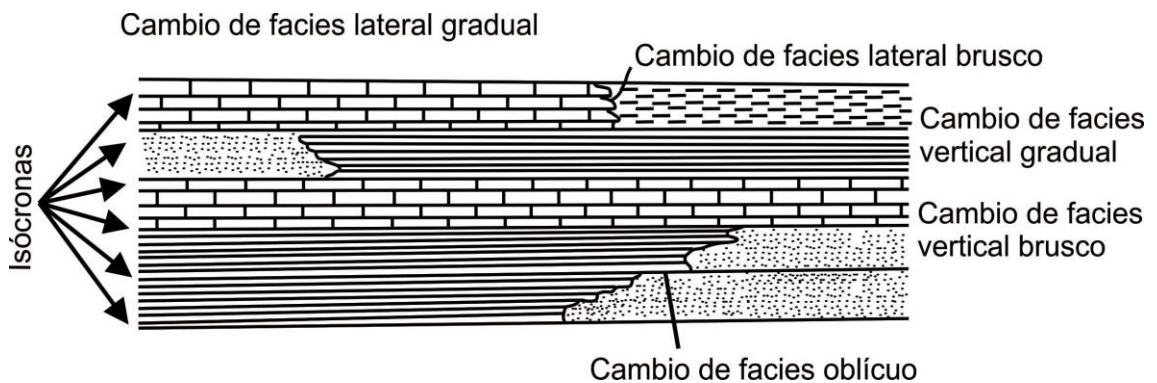
b. Cambios verticales de facies:

Son aquellos que separan dos facies depositadas en intervalos de tiempo sucesivos y en las que su límite es una superficie deposicional.

c. Cambios oblicuos de facies:

Son aquellos en los que tienen 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, en la que tiene lugar el paso de una facies a otras.

Figura 6. Tipos de cambios de facies.



Tomado de "*Estratigrafía principios y métodos, Vera (1994)*".

### 3.10 CUENCA SEDIMENTARIA

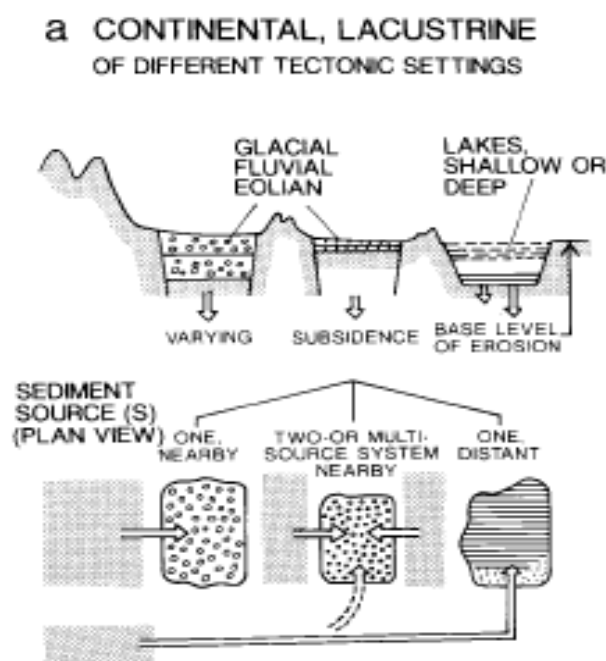
Según Einsele (2000), las cuencas sedimentarias se encuentran representadas por aquellas áreas en las cuales se puede efectuar la acumulación de depósitos sedimentarios, con determinado espesor y preservarse por períodos de tiempo geológico prolongados.

De igual forma, la generación de una cuenca indica el factor más importante previo al comienzo de la acumulación sedimentaria.

Las cuencas sedimentarias hacen referencia a depresiones de tamaño variable donde se acumula sedimentos, y cuyo relleno registra la evolución paleogeográfica de la misma.

También se encuentra conformada por superficies de omisión (hiatos), reflejando etapas de no deposición y por discordancias, registrando etapas de erosión, con presencia o ausencia de actividad tectónica (Arche, 2010).

Figura 7. Ambientes de deposición continental y lacustre basados principalmente en características morfológicas de cuenca y pericuenca.



Tomado de “*Basin Morphology and Depositional Environments, Sedimentary Basins, Einsele (1992)*”.

### 3.10.1 Clasificación de cuencas sedimentarias en relación a la tectónica

La clasificación de cuencas sedimentarias basadas con las placas tectónicas tiene mucho en común. Dickinson en su trabajo en 1974 destaca la posición de la cuenca en relación con el tipo de sustrato de la litosfera, la proximidad de la cuenca a la margen de placa, y el tipo de límite de placa más cercana a la cuenca (divergentes, convergentes, transformante). La evolución de una cuenca podría entonces ser explicado por la configuración e interacción de la placa. Dickinson (1974) reconoce cinco tipos principales de cuencas sobre esta base: Las cuencas oceánicas, los márgenes continentales dislocados, sistema de fosas, cinturones de sutura, y cuencas intracontinentales (Allen, 2005).

Figura 8. Clasificación de cuenca sedimentaria según el ambiente tectónico.

Relative plate movement	Basin type	Basin description	Modern example	Ancient example
Divergent settings	Terrestrial rift valleys	Rifts in continental crust, commonly with bimodal volcanism	Rio Grande Baikal Rhine-Bresse Graben	Keeweenawan (Precambrian) ← Karoo (Jurassic) Viking and Central Grabens (Mesozoic)
	Proto-oceanic rift troughs	Incipient ocean basins floored by new oceanic crust, flanked by young rifted continental margins	Red Sea Gulf of California	East Greenland (Jurassic)
Intraplate settings	Continental rises and terraces	Mature rifted intraplate continental margins at continental–oceanic boundary	East coast, USA	Early Paleozoic of USA and Canadian Cordillera
	Continental embankments	Progradation of sedimentary wedges at edge of rifted continental margins	Mississippi, Gulf Coast, USA	Early Paleozoic Meguma terrane, Canadian Appalachians (?)
	Intracratonic basins	Broad cratonic basins, commonly with underlying rifts	Chad Basin (Cenozoic) Congo Basin	Paleozoic Michigan Basin Illinois Basin Williston Basin (USA)
	Continental platforms	Stable cratons with thin, extensive sedimentary cover	Barents Sea	Middle Paleozoic, North American Midcontinent
	Active ocean basins	Basins floored by oceanic crust at active divergent plate boundaries	Pacific Ocean	Various ophiolite-bearing complexes (Semail, Oman), Neoproterozoic Arabian Shield
	Oceanic islands.	Sedimentary aprons and platforms	Emperor–Hawaii	Mesozoic Snow

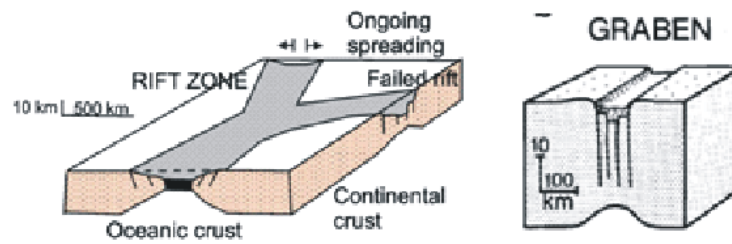
Tomado de “*Basin analysis principles and applications*, Allen (2005)”

**3.10.2 Cuencas de rift y estructuras tipo graben.** Las cuencas de rift se definen como depresiones alargadas bordeadas por fallas directas (normales), con dimensiones del orden de las decenas a centenas de kilómetros de ancho y de cientos a miles de kilómetros de largo (Schlische y Anders, 1996; Morley, 1999; Gawthorpe y Leeder, 2000).

En su interior se constituyen por depocentros simétricos llamados grábenes y/o asimétricos llamados hemigrábenes, por lo general se encuentran segmentados, con polaridades opuestas y con diferentes tipos de conexiones entre sí (zonas de acomodación) (Schlische, 1991; Schlische y Anders, 1996; Morley, 1999; Gawthorpe y Leeder, 2000; Morley, 2004).

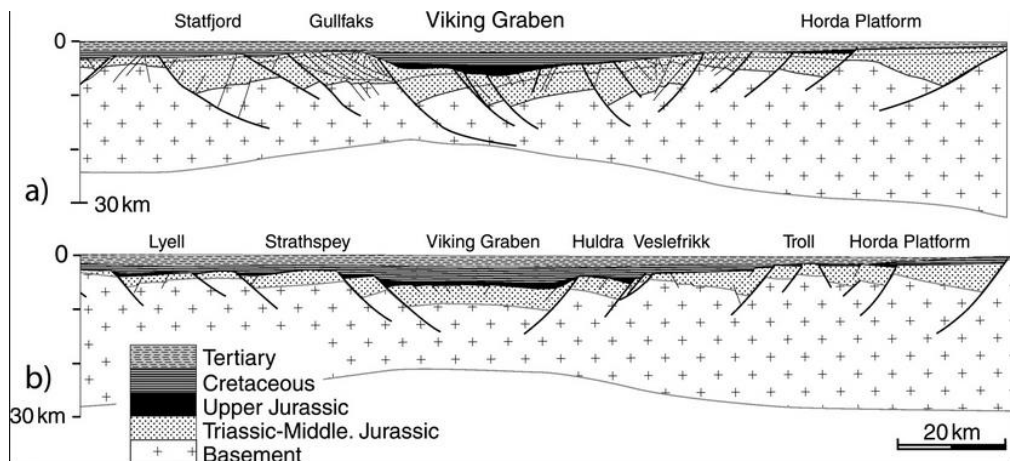
Las zonas de cuencas de rifts genéticamente se relacionan a procesos extensionales (Burke, 1977; Olsen, 1995 citado en Rolon, 2004).

Figura 9. Descripción de zonas de rift y estructuras de graben.



Tomado de "Einsele (2000)" y modificado por autores.

Figura 10. Diagrama de la zona de rift y estructura de graben en el vikingig graben.



Tomado de "Fjeldskaar et al, (2004)".

### 3.10.3 Subdivisiones estratigráficas en sistemas tectónicos extensionales.

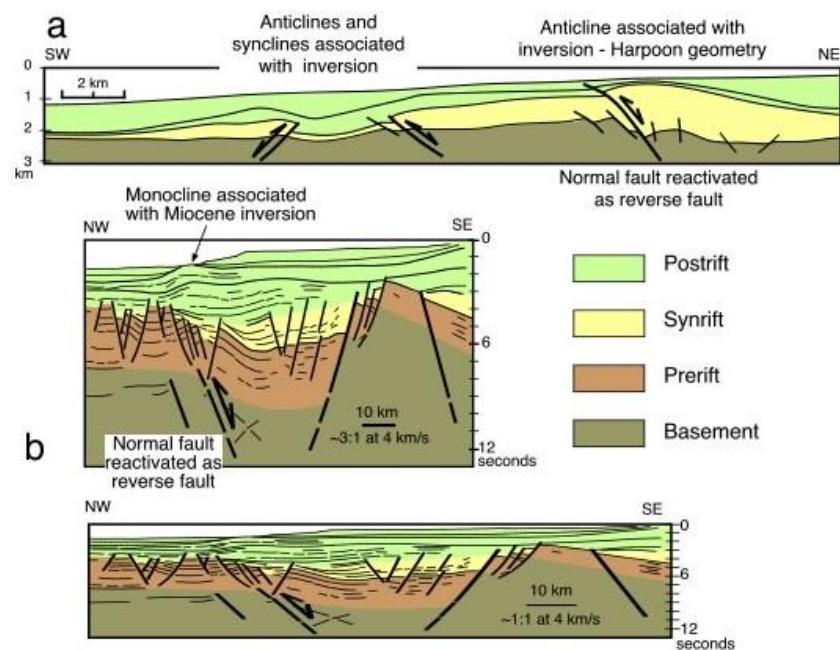
La subdivisión estratigráfica se caracteriza por tener tres zonas de depósito: Pre-rift, Syn-rift y Post-rift. (Landon, 1994)

- Pre-rift: Acumulación de sedimentos anteriores a las fallas que bordean la cuenca de rift.
- Syn-rift: Se refleja una acumulación granulométrica gruesa y lateralmente variable de los depósitos clásticos en la parte más profunda de la cuenca.

- Post-rift: Fase de acumulación posterior a la ruptura, indicando el comienzo de la subsidencia térmica.

Los depósitos lacustres son comunes en las cuencas de rift, debido a la configuración continental interna típica de estas cuencas. Estos depósitos son indicadores climáticos sensibles (Olsen 1990).

Figura 4. Diagrama esquemático de las subdivisiones estratigráficas en sistemas tectónicos extensionales.



Tomado y modificado de “*Withjack & Eisenstadt (1999)*”

### 3.11 AMBIENTES DE DEPOSITACIÓN FLUVIAL

Los depósitos fluviales se encuentran constituidos por sedimentos acumulados a partir de la actividad de los ríos. Estos depósitos se generan bajo una diversidad de condiciones (climáticas, tectónicas, entre otras) y se reconocen cuatro sistemas: sistema de ríos meandriiformes (meandering), sistema de ríos entrelazados o trenzados (braided), sistema de ríos anastomosados (anastomosing) y sistema de abanicos aluviales (alluvial fans).

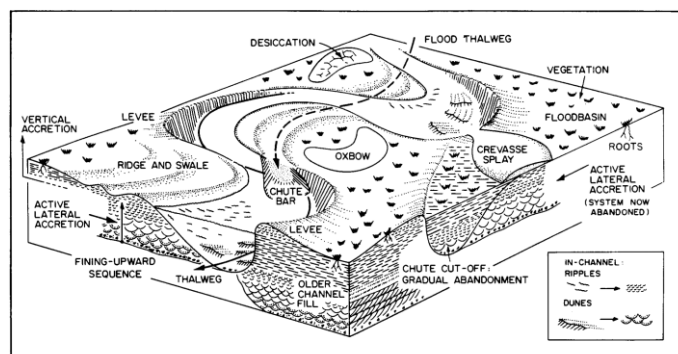
Para este proyecto se tienen en cuenta solo los sistemas de deposición fluvial referentes a ríos meandriformes, ríos trenzados y abanicos aluviales identificados a partir de las asociaciones faciales.

**3.11.1 Ríos meandriformes (meandering).** Rust (1978) define los ríos meandriformes como sistemas de canal único y alta sinuosidad ( $>1.5$ ).

Los ríos meandriformes son desarrollados sobre pendientes bajas, de corrientes de bajo a alto flujo, las cuales presentan un transporte con relación de carga en suspensión y carga en tracción elevada, y materiales cohesivos en sus márgenes (Leopold y Wolman, 1957; Schumm y Kahn, 1972).

Este ambiente fluvial puede transportar una amplia gama de sedimentos desde grava a lodos, y representan un sistema transicional entre ríos trenzados y anastomosados.

Figura 5. Diagrama de bloques que muestra los elementos morfológicos de un sistema fluvial meandriforme.



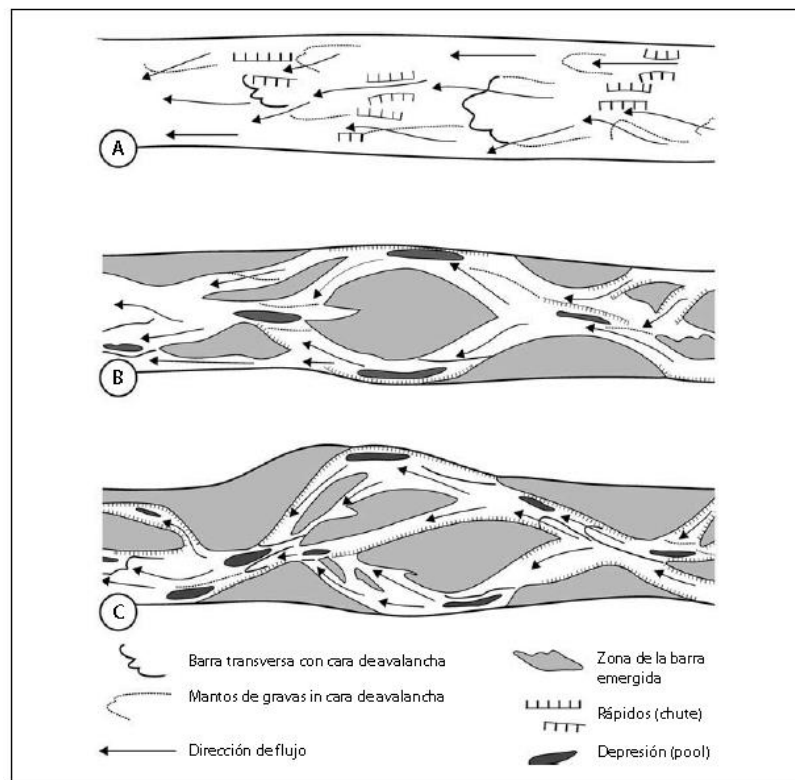
Tomado de "Sandy fluvial systems, in R. G. Walker (ed.), *Facies models*"

**3.11.2 Ríos entrelazados o trenzados (braided).** Arche (2010) define a los ríos entrelazados o trenzados como sistemas fluviales caracterizados por canales poco profundos y amplios, con cursos de agua que se bifurcan o reagrupan entorno a barras o islas.

En general, son definidos como cursos de agua de múltiples canales y baja sinuosidad (Rust, 1978).

Sus caudales de altas tasas de transporte de sedimentos y elevadas pendientes, producen flujos con grandes capacidades erosivas, y por lo tanto, representan un sistema fluvial muy dinámico (Arche, 2010).

Figura 6. Desarrollo de un sistema fluvial entrelazado o trenzado. A: Irregularidades en el fondo. B: Desarrollo de una barra en el centro del canal y concentración del flujo en canales laterales. C: Ampliación lateral del canal, generación de múltiples barras.



Tomado de "Ashmore (1991)".

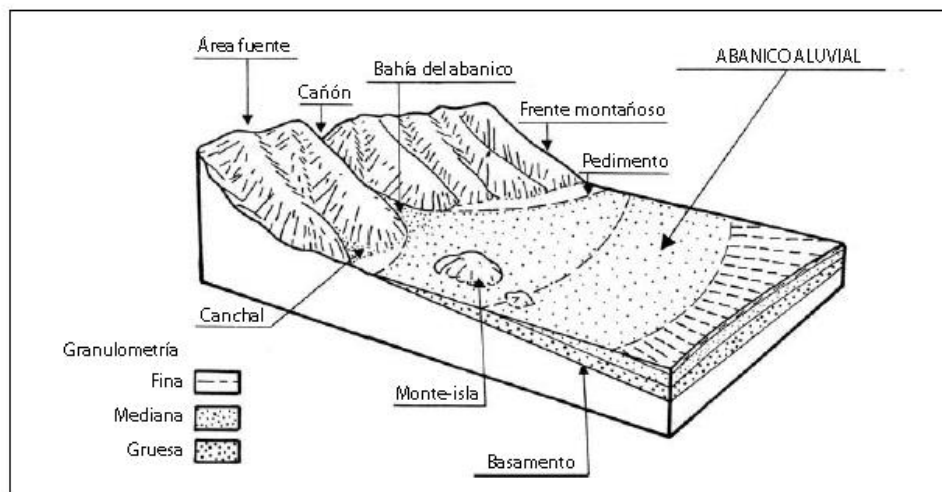
### 3.11.3 SISTEMAS DE ABANICO ALUVIAL

Un abanico aluvial representa una acumulación de materiales clásticos, en forma concoidal, situada aguas debajo de una ruptura de pendiente y generado como consecuencia de la pérdida de encajamiento del canal principal alimentador del sistema aluvial. (Arche, 2010).

Blissenbach (1954) estableció una zonación para los sistemas de abanico aluvial, teniendo en cuenta la situación del punto de intersección y la distribución areal de las facies:

- *Zona Proximal:* Presenta la granulometría más gruesa y se encuentra en la cabecera del abanico.
- *Zona Media:* Presenta la granulometría intermedia y se ubica entre la zona del punto de intersección y el área del pie del abanico.
- *Zona Distal:* Presenta la granulometría más fina y se ubica a partir del pie del abanico hacia las zonas más alejadas.

Figura 14. Relaciones geomorfológicas principales en un abanico aluvial.



Tomado de "Williams, (1969)"

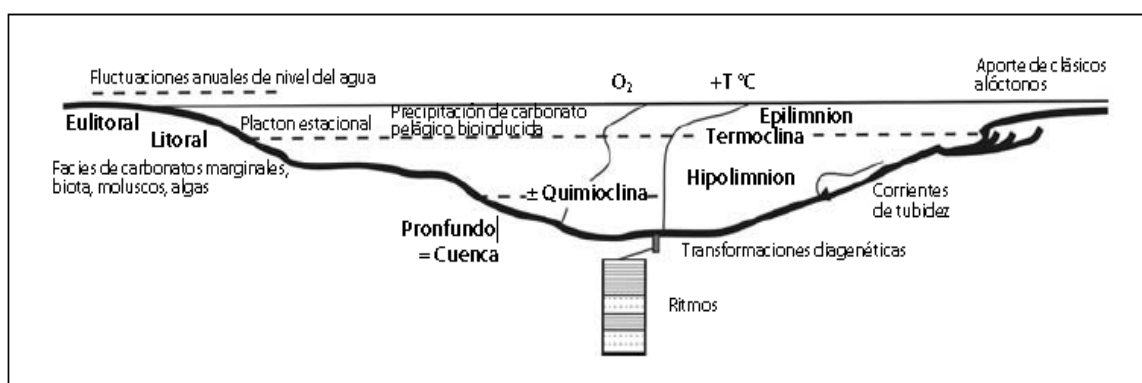
### 3.12 AMBIENTE DE LAGOS Y SISTEMAS LACUSTRES

Según González (1992), los sistemas lacustres son definidos como una masa de agua continental de tamaño considerable, con características diferentes al flujo de un río, con menor contacto relativo, y menor dependencia e interacción con el medio terrestre.

Estos sistemas suelen permanecer activos durante largos periodos de tiempo, y su acumulación de sedimentos tiende a ser de un gran espesor (granulometría fina).

Para Arche (2010), la formación de los sistemas lacustres pueden estar asociados a sistemas tectónicos distensivos de rifting, a situaciones transtensionales, a situaciones de sag intracratónico y a márgenes de cuencas de foreland o antepaís (lagos tectónicos); o asociados a llanuras fluviales junto con los depósitos de llanura de inundación y overbank fluviales.

Figura 7. Diferentes ambientes de sedimentación y principales regímenes deposicionales de los sistemas lacustres.



Tomado de "Gierlowski-Kordesch y Kelts (1994)."

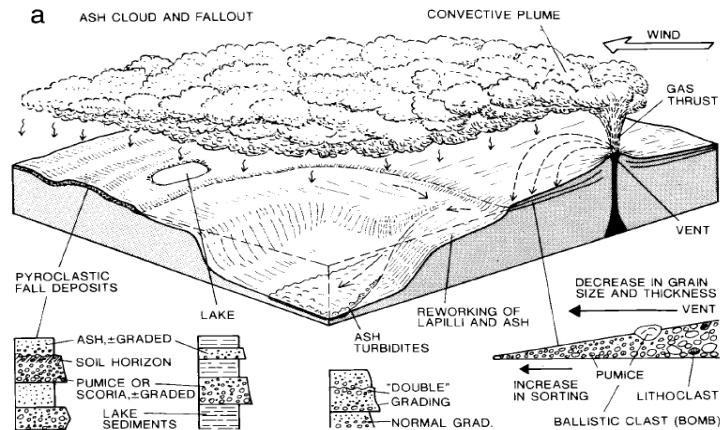
### 3.13 AMBIENTE VOLCÁNICO

Según lo descrito por Einsele (1992), los ambientes volcánicos se encuentran asociados con un estado de extensión de la corteza, permitiendo que el magma del manto ascienda a la superficie. Esta situación corresponde a la etapa temprana de expansión de una cuenca continental o aulacógeno.

Los depósitos de tefra o toba son el resultado de erupciones piroclásticas y freato-magmáticas. Este material es expulsado por una chimenea volcánica y asciende por la atmósfera para después caer en forma de lluvia y depositarse finalmente. A diferencia de los depósitos de tefra, los flujos piroclásticos se

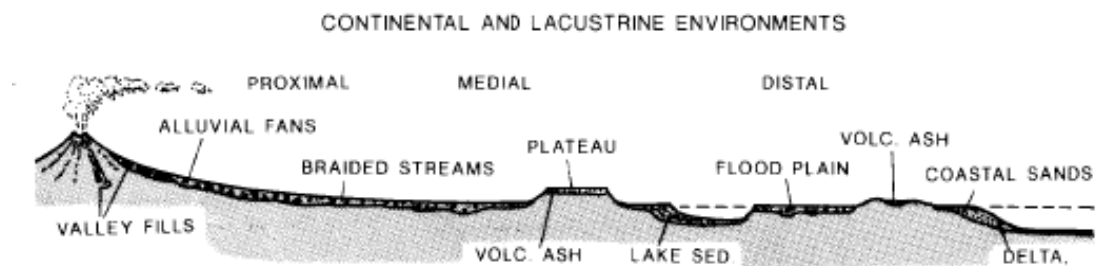
originan en su mayoría por colapso de las columnas eruptivas debido al sobrecargo, y llenan posteriormente depresiones y valles preexistentes. (Einsele, 1992).

Figura 16. Diagrama de Ambiente volcánico caracterizado por depósitos de toba (bombas balísticos y bloques, lapilli y ceniza volcánica).



Tomado de "Einsele (1992)"

Figura 8. Rangos frecuentes de depósitos volcanoclásticos en ambientes continentales y lacustres en relación con la distancia de la fuente.



Tomado de "Einsele (1992)".

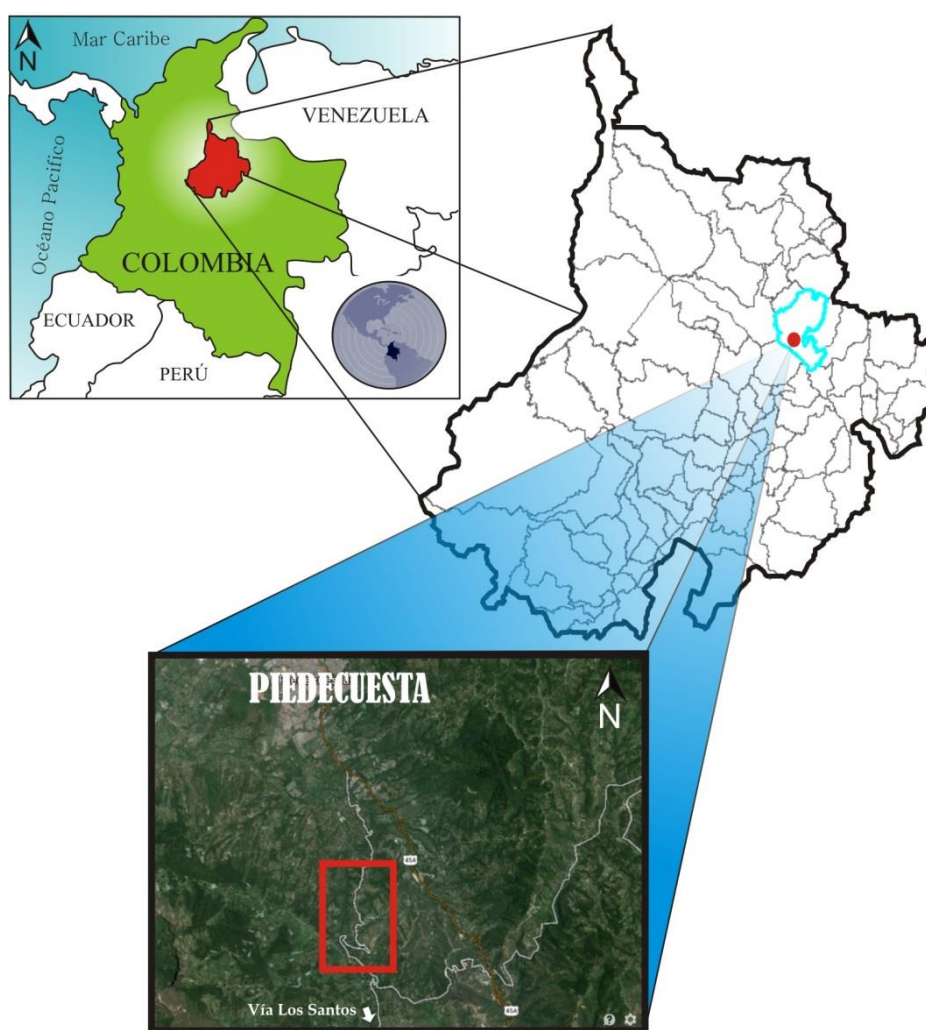
## 4. GENERALIDADES DEL ÁREA DE ESTUDIO

### 4.1 LOCALIZACIÓN

La Formación Jordán aflora principalmente entre los municipios de Piedecuesta y Los Santos, los cuales hacen parte de la provincia de Soto en el

departamento de Santander, más exactamente en el margen nororiental de Colombia sobre la Cordillera Oriental. El área de estudio comprende la carretera que conduce del municipio de Piedecuesta a la Mesa de los Santos, desde el desvío denominado “Tres esquinas” hasta el sitio conocido como “La Punta de la Mesa” ubicado en inmediaciones del peaje de la Mesa de Los Santos.

Figura 9. Localización geográfica del área de estudio.



La zona de interés está comprendida entre las siguientes coordenadas:

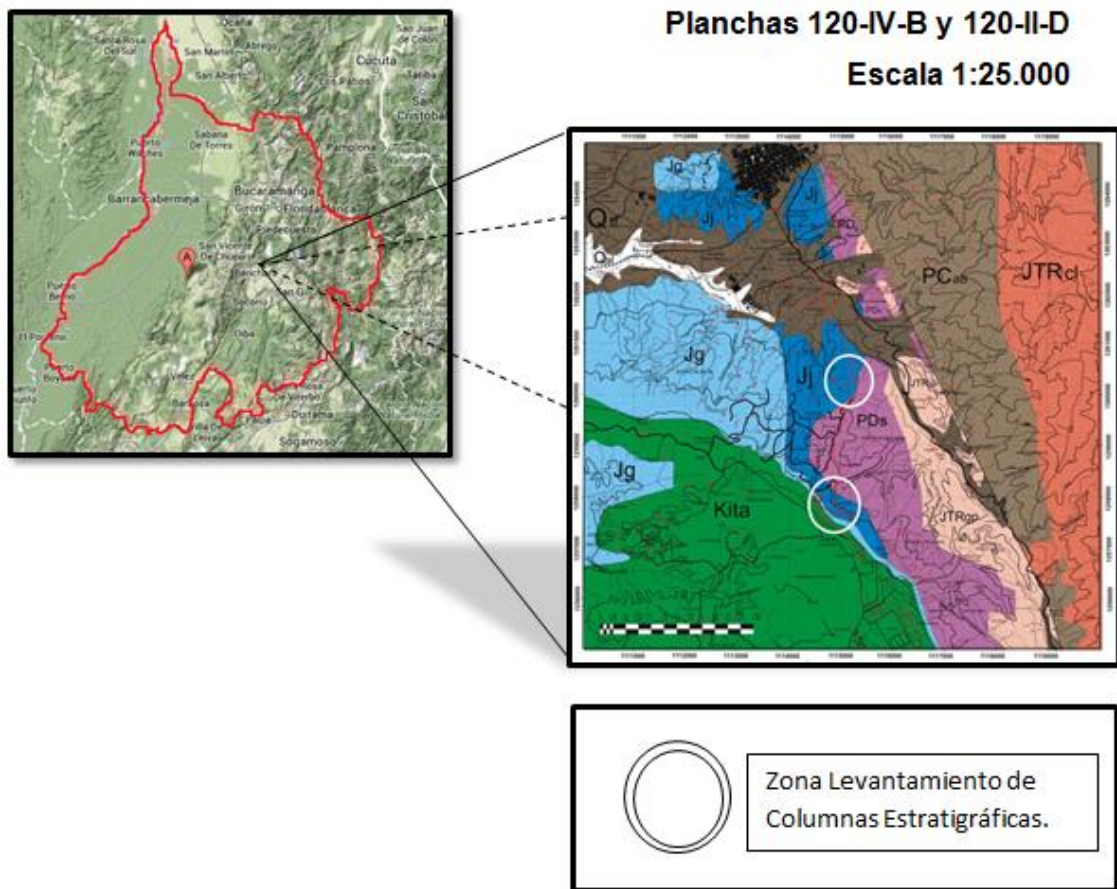
Tres Esquinas: X: 1'262.250  
Y: 1'114.600

La Punta de la Mesa: X: 1'256.822  
Y: 1'115.250

Cartografiadas en las planchas 120-IV-B y 120-II-D, escala 1:25.000.

Estas coordenadas corresponden a las adoptadas por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi, según el cual se toma como referencia de origen las coordenadas planas ubicadas en Bogotá D.C.: X = 1'000.000; Y = 1'000.000.

Figura 10. Ubicación geológica e ilustración de las zonas de levantamiento de las columnas estratigráficas en el departamento de Santander.



Tomado y modificado de *“Planchas 120-IV-B y 120-II-D de Santander”*.

Dentro del área se realizó el levantamiento de cuatro columnas estratigráficas, ubicada la primera en la vereda Blanquiscal Alto, la segunda en la vereda Blanquiscal Bajo (entre el restaurante Toro Sentao y la capilla San Martín), la tercera en la vereda El Volador y finalmente la cuarta en esta misma vereda, más específicamente en el camino que conduce a la planta de sacrificio Villa Rosa.

**Coordenadas sección 1.**  
**Blanquiscal Alto**

Punto de inicio: X= 1'114.637  
Y= 1'257.957  
Z=1.506 +/- 3m  
Punto final: X= 1'114.995  
Y= 1'257.897  
Z= 1.516 +/- 3m

**Coordenadas sección 2.**  
**Blanquiscal Bajo**

Punto de inicio: X= 1'114.901  
Y= 1'257.975  
Z= 1.388 +/- 3m  
Punto final: X= 1'115.197  
Y=1'257.604  
Z= 1.452 +/- 4m

**Coordenadas sección 3.**  
**El Volador**

Punto de inicio: X= 1'115.191  
Y= 1'259.836  
Z= 1.157 +/- 3m  
Punto final: X= 1'115.341  
Y= 1'260.159  
Z=1.161 +/- 3m

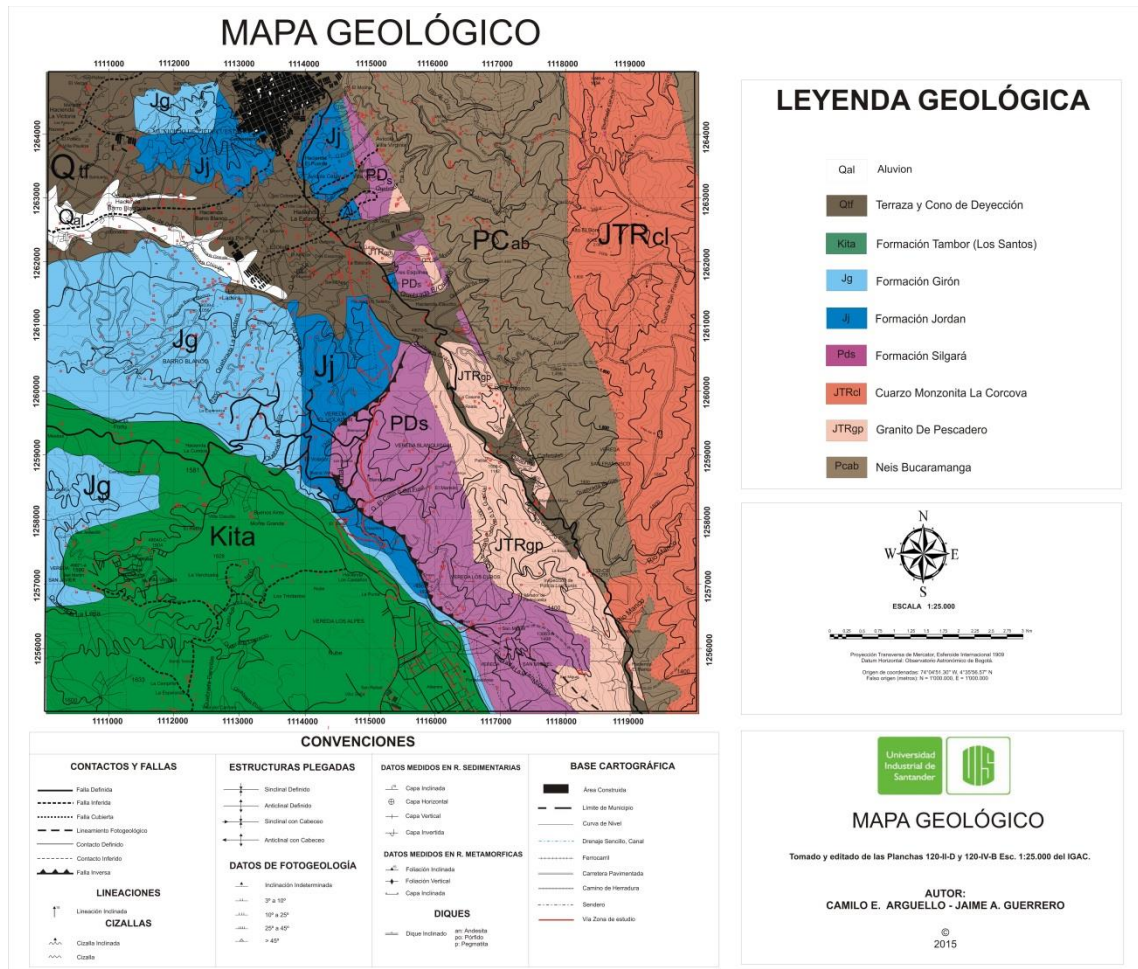
**Coordenadas sección 4.**  
**Villa Rosa**

Punto de inicio: X= 1'115.103  
Y= 1'259.823  
Z= 1.126 +/- 4m  
Punto final: X= 1'114.856  
Y= 1'259.923  
Z=1.120+/-3m

Además el área de estudio presenta como límites, al norte: los municipios de Piedecuesta y Girón, al sur: los municipios de Aratoca y Los Santos, al oriente: el municipio de Santa Bárbara, y al occidente: el municipio de Betulia.

Para el mejoramiento y mayor detalle en la identificación de las unidades geológicas en el área de estudio, se trasladó la geología desde la plancha 120 (escala 1:100000; cuadrángulos D-11;D-12;E-11;E-12) al área de interés de las planchas 120-IV-B y 120-II-D (escala 1:25000) pertenecientes al cuadrángulo H-12 de Colombia, aportando nuevas evidencias estructurales (Formación Silgará en contacto fallado inverso con la Formación Jordán) reflejadas en la zona que dan sentido a la disposición, dinámica y adelgazamiento de la Formación Jordán respecto a la infrayacente Formación Silgará.

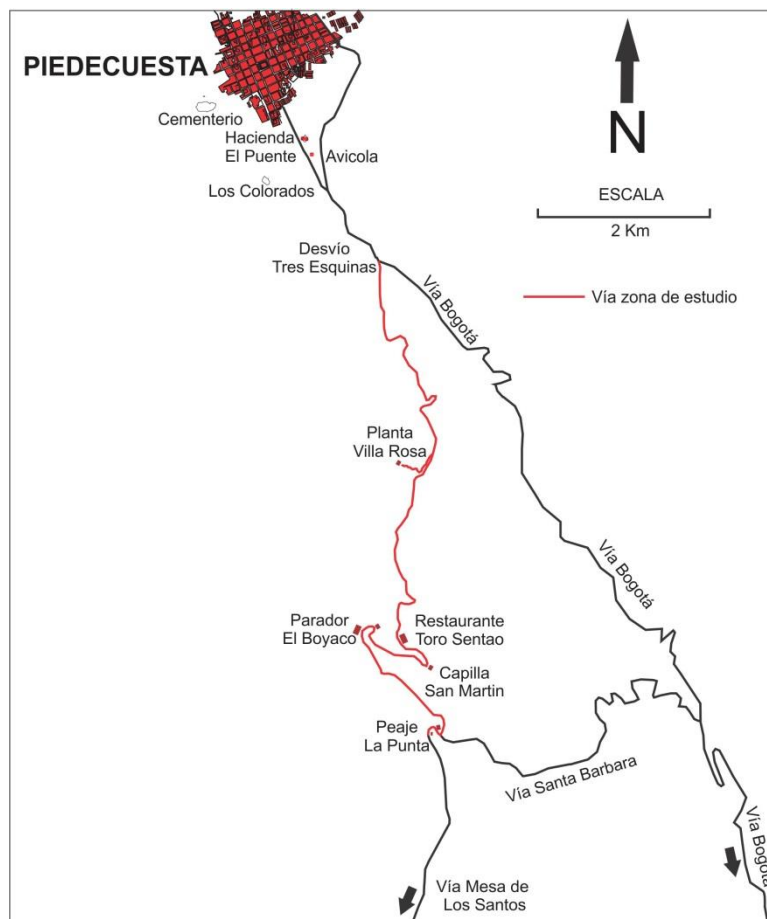
Figura 11. Mapa geológico del área de interés a escala 1:25000.



Compilado y modificado por autores.

## 4.2 VÍAS DE ACCESO

Figura 12. Vías de acceso al área de estudio.



El acceso a la zona de estudio, se realiza principalmente a través de una sola ruta, la cual se origina sobre la vía troncal nacional que comunica la ciudad de Bucaramanga con la ciudad de Bogotá, descrita de esta forma:

Partiendo desde la ciudad de Bucaramanga nos dirigimos hacia el municipio de Piedecuesta siguiendo la vía troncal central nacional. Un kilómetro aproximadamente más adelante de este municipio, encontramos un desvío hacia la derecha llamado “Tres Esquinas” totalmente pavimentado, el cual tomamos empezando un descenso de pendiente suave y luego de pasar por un pequeño puente sobre la Quebrada Grande comenzamos con el ascenso hacia el municipio de Los Santos. Aproximadamente 2 km más adelante, entramos a

la vereda El Volador. En esta vereda, se realizaron dos de las cuatro secciones estratigráficas, una de ellas sobre la vía principal hacia la Mesa de Los Santos y la otra de ellas, dentro de una vía secundaria que conduce a la planta de sacrificio de equinos Villa Rosa. Siguiendo sobre la vía principal hacia la Mesa de Los Santos, encontramos la vereda Blanquiscal, sitio del levantamiento de las dos secciones estratigráficas restantes de nuestro estudio. Más adelante, se encuentra el peaje La Punta, lugar en donde aflora solamente la Formación Los Santos.

#### **4.3 FISIOGRAFÍA, VEGETACIÓN Y CLIMA**

Esta zona se encuentra caracterizada por una gran diversidad fisiográfica debido a sus zonas de fallamiento y la expresión de secuencias lito y tectonoestratigráficas. Además, representa un área de gran extensión, suelos en su mayoría agrestes y rocosos, de erosión moderada a severa.

Los principales ríos que conforman la red hidrográfica de la zona son: Chicamocha y Sogamoso, pertenecientes a la Gran Cuenca del Magdalena. Esta área comprendida entre el municipio de Piedecuesta y la Punta de la Mesa, es una zona con cobertura vegetal alta, y con quebradas y canales naturales de drenaje que no transportan mucho caudal normalmente, pero en el momento en que se presenta las lluvias, si lo hacen. Los drenajes de primer orden presentes en la región corresponden a como se mencionaba anteriormente, los ríos Chicamocha y Sogamoso. Además, lo complementan afluentes menores como lo son las quebradas Florital y el Callo.

La zona se encuentra ubicada en la Cordillera oriental, siendo esta una de las cordilleras más diversas del país, ubicada dentro de la formación vegetal de bosque seco basal tropical entre los 0 y 1.000 m.s.n.m. y de bosque seco subandino entre los 1.000 y 1.800 m.s.n.m. Sus fuentes hídricas más representativas son el Río Chicamocha el cual le sirve de límite con el municipio de Aratoca, el Río Sogamoso con el municipio de Zapatoca y la

quebrada La Honda con el municipio de Girón y Piedecuesta, Las Quebradas Santera, El Potrero, La Mojarra, Grande, el Callo, Garcia, Florital y Los angelinos, entre otras.

Una parte del área se encuentra repartido entre rastrojos bajos como en la vereda El Volador y Blanquiscal, y gran parte de las veredas Llanadas y La Loma; Pajonales en La Vereda El Tabacal y Rosablanca donde cubren una porción relativamente amplia, cultivos semipermanentes de tabaco, maíz, y frijol, entre otros, además zonas de pasto natural y mejorado para la ganadería.

El paisaje correspondiente a estas zonas bajas del municipio de Los Santos, se caracteriza por presentar un relieve complejo. Los suelos derivan de materiales heterogéneos, con muy baja evolución, muy superficiales, bien drenados y de baja fertilidad. Estas tierras tienen severas limitaciones para la utilización en cultivos limpios porque las labores de preparación del terreno dejan el suelo expuesto a la erosión por algún tiempo. La principal limitación es la falta de lluvias durante el año. En estos se han ocurrido procesos de erosión en grados ligeros a severo; en general las tierras tienen alta susceptibilidad a la erosión a causa de las fuertes pendientes. Por tal razón son propios para cultivos que se comportan como semibosques, pastizales con pastoreo extensivo y reforestación.

El clima es cálido durante el día y en las noches la temperatura puede descender hasta los 15 grados centígrados.

## 5. ANTECEDENTES

La Formación Jordán fue descrita inicialmente por Cediél (1968), quien estableció su sección tipo en la pendiente norte del cañón del Río Chicamocha, a 1 km al occidente de la cabecera municipal de Jordán, Santander. En su estudio define que la Formación Jordán está constituida por areniscas gris verdosas, de grano grueso a ligeramente conglomeráticas, con estratificación cruzada; presenta intercalaciones de niveles de arcillolitas gris verdosas. En la parte superior limolitas, color marrón rojizo a rojo grisáceo y areniscas de grano fino en capas medianas.

Cediél (1968), reconoció y propuso dos conjuntos litológicos divididos por una zona de transición de 10 metros de espesor, con base en una descripción estratigráfica realizada al sur-oeste del pueblo de Los Santos en el camino “el roto”. El conjunto superior es de 200 metros de espesor y está formado por limolitas de color marrón rojizo y areniscas de grano muy fino y el conjunto inferior es de 100 metros y está compuesto por areniscas de grano grueso gris verdoso. Al Norte se encuentra un extenso afloramiento de esta formación, en la vereda la Purnia sobre la quebrada Seca. En la parte occidental de La Mesa de Los Santos, la Formación Jordán está expuesta en un área grande donde la erosión ha removido la Formación Girón que la suprayace, generando un contacto discordante entre las Formaciones Jordán y Los Santos, y se encuentra hacia la base en contacto fallado con la Formación Silgará.

Se le asigna una edad Jurásico inferior-medio, definida indirectamente por los conglomerados inferiores en el área de Piedecuesta, los cuales contienen guijos de la fase porfirítica del granito de Pescadero, del cual se obtuvo por datación radiométrica de  $193 \pm 6$  millones de años (Ward et al, 1973).

Anteriormente, la Formación Jordán fue incluida en la Formación Girón y en los mapas del área de mesas al sur de Bucaramanga, elaborados por Julivert y Tellez (1963); el shale perteneciente al miembro inferior del área de la Mesa de Los Santos corresponde a la Formación Jordán. En la parte norte la Formación

Jordán se encuentra cubierta por la Formación Girón y en la pendiente occidental de la quebrada del Angelino (Plancha 120-IV-B), el Jordán podría tener más de 800 m de espesor pero su base no se encuentra expuesta.

En el sur de Piedecuesta la Formación Jordán suprayace filitas pre devónicas, y los metros inferiores contienen conglomerados con fragmentos de rocas ígneas porfiríticas que son derivados de una fase del granito de Pescadero, el cual aflora en las cercanías. Hacia el norte los conglomerados cambian gradualmente a areniscas feldespáticas (Ward *et al*, 1973).

Ward *et al* (1973) también publica la geología del Cuadrángulo H-12, concluyendo que con excepción de los estratos inferiores conglomeraticos, tales como aquellas al sureste de Piedecuesta, la Formación Jordán está caracterizada por arenisca de grano fino y limolita de color marrón rojizo muy uniforme. Aparentemente en el norte de Bucaramanga, esta unidad es conforme y transicional con la infrayacente Formación Bocas, pero al sur de Piedecuesta yace sobre metasedimentos del pre-devónico. En el límite superior con los conglomerados del Girón se presenta una discordancia apenas notoria en partes del área de la Mesa de los Santos. Según Ward *et al* (1973) el espesor varía entre 300m y 660m.

Cediel (1968) asocia en el área de la sección tipo, rocas volcánicas silíceas llamadas tobas soldadas. Una capa de 30 cm de espesor en las facies superiores de la sección tipo está compuesta principalmente de fragmentos angulares hasta de 1cm de diámetro de rocas volcánicas ácidas y metamórficas. Además Ward *et al* (1973) agrega que 2 km al noreste sobre el camino de Los Santos a Jordán, están expuestas dos capas más gruesas de esta toba, separadas por 80m de limolita y arenisca.

## 6. MARCO GEOLÓGICO

La zona de estudio ubicada en el costado occidental de la Cordillera oriental de Colombia, hace parte del Macizo de Santander formado como resultado de la convergencia continental de los cratones de Laurentia y Amazonia, evento global conocido como Orogenia Grenvilliana, mediante el cual se consolidó el supercontinente Rodinia (Hoffman, (1991); Correa-Gomez y Oliveira, (1999); Keppie et al, (2003) en Clavijo *et al*, (2008)).

Debido a su ubicación en la parte noroccidental de la placa Suramericana, Colombia se encuentra en un sitio de colisión entre las placas de Nazca, Caribe y el borde de la placa Suramericana (produciendo una serie de fallas con sentido SE – NW, como la falla Bucaramanga - Santa Marta).

Además la subducción de la placa de Nazca dio como origen el levantamiento de las cordilleras, formando inicialmente la Cordillera Central. Seguido, la Cordillera Occidental es formada como consecuencia de un salto de la zona de subducción y cuando esta cuenca se rellenó con sedimentos y por un proceso posterior de empujes desde la zona de subducción contra el cratón, estos sedimentos emergieron y formaron la Cordillera Oriental.

Para la interpretación de la siguiente figura presentada a continuación, se debe tener en cuenta las siguientes abreviaciones:

Afr: Placa africana;

Ant: Placa antártica;

Car = Placa Caribe;

Nzc = Placa Nazca.;

Coc = Placa Cocos;

NAm = Placa norteamericana;

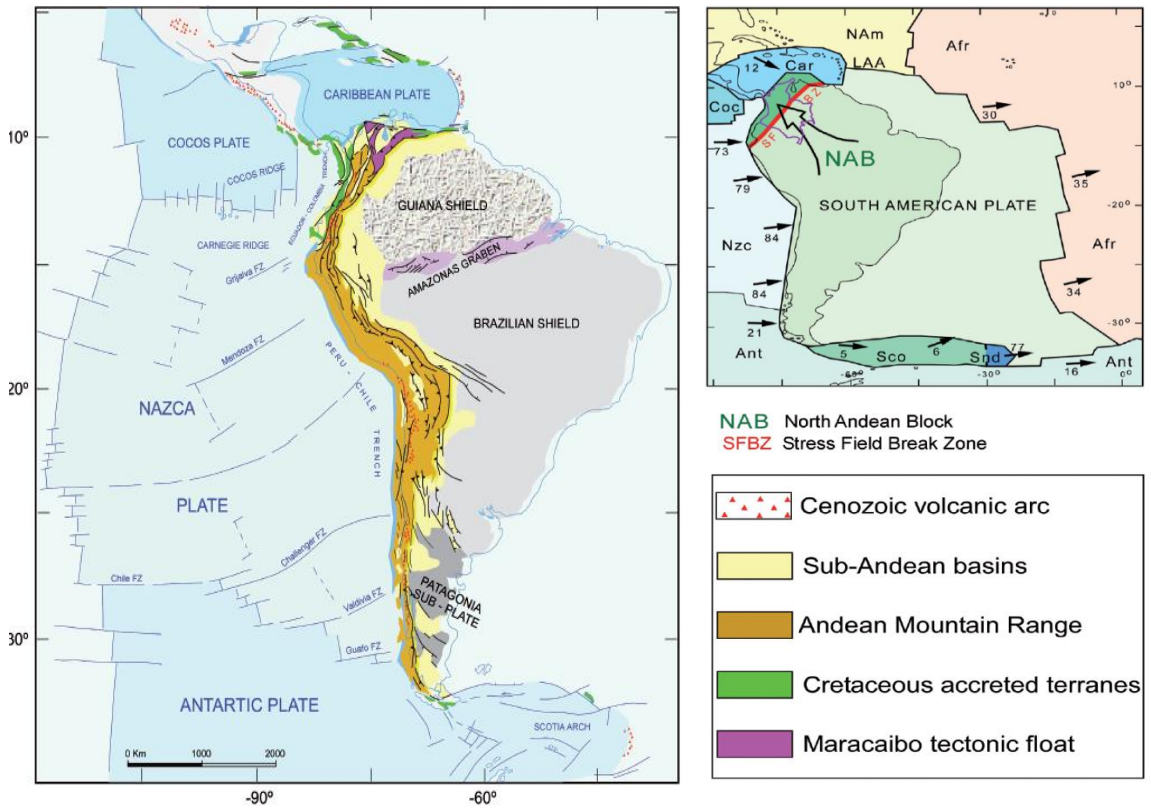
LAA = Arco de Antillas menores;

Sca = Placa escocia;

Snd = Placa sur intermedia;

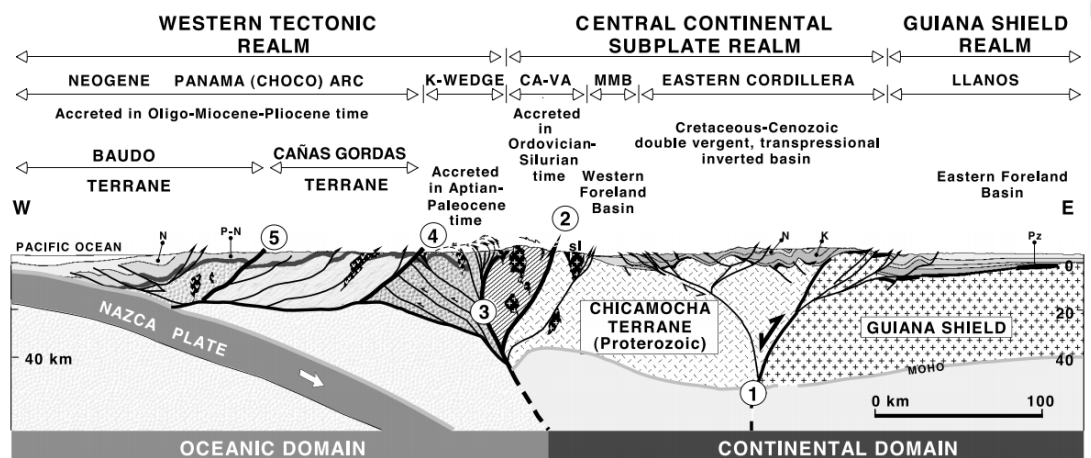
SSA = Arco sur intermedio.

Figura 13. Modelo tectónico de la placa Sudamericana (modificados por Paula Meijer, 1995). Las flechas indican el movimiento relativo actual con respecto a América del Sur (De mets et al, 1990 y Pelayo y Wiens, 1989 para Sco-SAM y Snd-SAM.)



Tomado de "Petroleum geology of Colombia, Vol 1, Cediél et al (2011)"

Figura 14. Esquema oeste-este de los Andes colombianos.

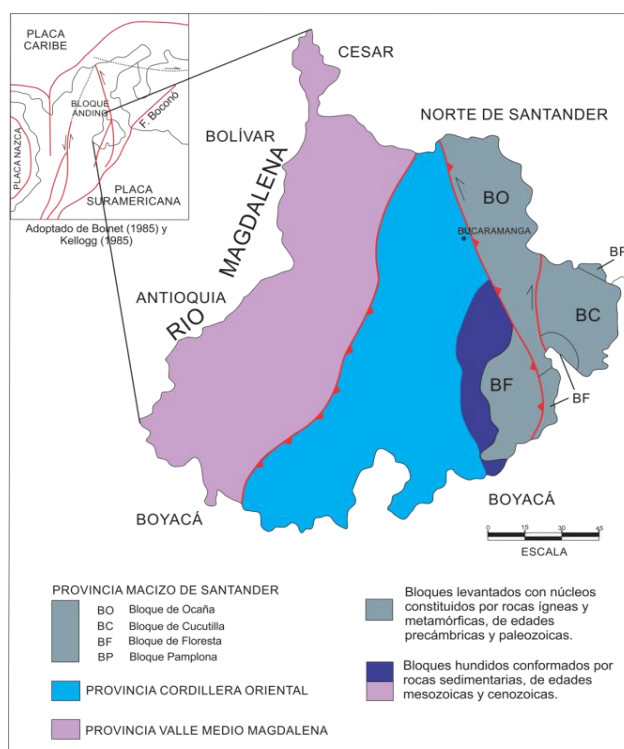


Modificado Restrepo-Pace (en Cediél y Cáceres, 2000). Tomado de "Tectonic assembly of the Northern Andean Block. Cediél, Shaw y Cáceres, 2003"

## 6.1 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

La Mesa de Los Santos se encuentra hacia el extremo norte de esta región, donde se manifiestan fallas y flexiones, características del dinamismo y complejidad tectónica del Departamento de Santander. Además según Kellogg (1984); Case, *et al.* (1984); Kellogg, *et al.* (1985); James (1985) y Boinet (1985), entre otros en Royero y Clavijo (2001), el departamento de Santander se encuentra ubicado en una región de complejidad y dinamismo tectónico, reflejando una zona de influencia entre los límites de placas Caribe y Suramericana, llamada como bloque Andes del Norte o bloque Norandino. Siguiendo la caracterización tectónica del territorio de Santander presentado por Clavijo, *et al.* (1993), se subdivide de conformidad con el esquema tectónico en tres provincias tectónicas como lo son : Macizo de Santander, Valle Medio del Magdalena y Cordillera Oriental.

Figura 15. Esquema tectónico del departamento de Santander.

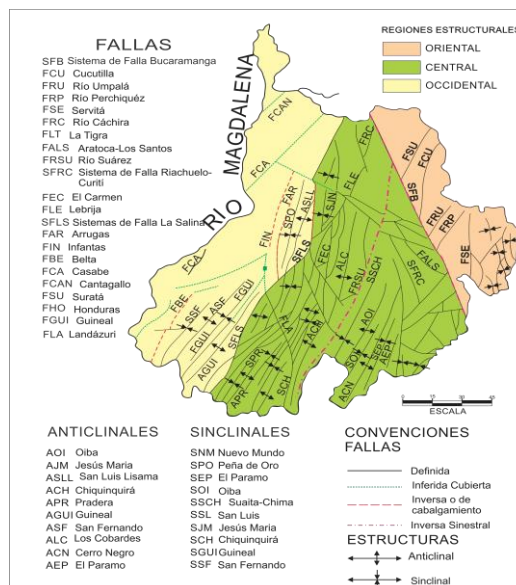


Tomado de “*Memoria explicativa mapa geológico de Santander, Royero y Clavijo (2001).*”

La zona de estudio comprendida entre Piedecuesta y la Punta de la Mesa hace parte de la provincia Cordillera Oriental. Esta provincia se caracteriza por pliegues anticlinales y sinclinales amplios, limitados por fallas inversas y de cabalgamiento, de direcciones NE y NW, con inclinación predominante hacia el oriente. Constituye una cobertera sedimentaria con cubrimiento de una gran extensión de la Cordillera Oriental. El departamento de Santander está restringido a dos bloques, el principal localizado en la región central estructural y el menor ubicado en la región oriental. Esta provincia está conformada por rocas sedimentarias generalmente plegadas, de edades jurásicas y cretácicas.

La zona de estudio está caracterizada por presentar tres orientaciones preferenciales de fallamiento: dirección NW mayoritariamente paralelas entre sí; fallamiento en dirección NE y fallas menores con dirección EW. A nivel local la tectónica muestra un comportamiento de esfuerzo compresivo N-S y un esfuerzo distensivo E-W (Pinto et al, 2008). Dentro del estilo estructural del territorio Santandereano se identifican tres regiones estructuralmente bien definidas del departamento, uno de fallamiento en bloques en la región oriental; otro de plegamientos en la región central, y el graben del Magdalena, en la región occidental.

Figura 16. Esquema estructural del departamento de Santander.



Tomado de "Memoria explicativa mapa geológico de Santander, Royero y Clavijo (2001)."

Las estructuras más relevantes del área de estudio son las fallas de Bucaramanga-Santa Marta al este y Suárez al oeste.

**6.1.1 Falla de Bucaramanga-santa marta.** Inicialmente Julivert (1964) menciona que la Falla de Bucaramanga pertenece a una serie de fallas inversas de alto ángulo, con el bloque oriental levantado que se formó durante el desarrollo del actual Valle Medio del Magdalena.

Sin embargo, Clavijo et al (1993) considera un sistema de fallas de rumbo con 600 km de largo y que cruza la región nororiental del departamento de Santander, siendo la estructura más evidente y de mayor extensión.

Boinet (1985) y Ulloa (1990) también aseguran que su movimiento es sinistral y con importante componente vertical, además de la dirección aproximada de N20°W, con trazo rectilíneo y rumbo sur hacia Curos hasta Cepitá asegurado por Ward, Goldsmith y Jimeno (1973).

**6.1.2 Falla del Suárez.** La extensión de esta falla es de aproximadamente 120 km desde el sur de Barbosa hasta la Falla Bucaramanga – Santa Marta. Presenta un rumbo promedio N22°E y buzamiento aproximado de 69° W (Bahamón y Suárez, 1998). Se trata de una falla de tipo inverso de alto ángulo, sinuosa y con ramificaciones.

La Falla del Suárez afecta principalmente la Formación Girón, hacia el occidente del casco urbano de Girón. Sin embargo, en menor proporción afecta las Formaciones Jordán, Los Santos, Rosablanca, Paja y cerca al límite con la Falla Bucaramanga – Santa Marta afecta a las Formaciones Floresta y Diamante. En zonas cercanas a la falla se observa un alto grado de meteorización, al punto de llegarse a pensar que se trata de un depósito cuaternario (Julivert, 1964).

## 6.2 ESTRATIGRAFÍA

La Formación Jordán en la zona de estudio, se encuentra en contacto fallado con la Formación Silgará hacia la base, y hacia el techo en contacto discordante con la Formación Los Santos. A continuación se describirán las formaciones presentes en el área, desde la más antigua hasta la más reciente en tiempo geológico en base a información referenciada en las memorias del departamento de Santander.

**6.2.1 Formación silgará (PZS)(OS-S)(PDS).** Esta unidad se encuentra compuesta por rocas de origen sedimentario del paleozoico inferior y según Ríos (2001) se encuentran afectadas por un metamorfismo regional barroviense. Su nombre fue inicialmente propuesto por Ward *et al* (1973) refiriéndose a una secuencia de rocas clásticas metamorizadas de estratificación delgada, compuesta por filitas, cuarcitas, esquistos, metareniscas y en menor proporción pizarras y filitas calcáreas. La sección tipo se ubica en la Quebrada Silgará, al occidente de Cáchira (Royero y Clavijo, 2001).

Respecto a su edad, un corte de neis biotítico en la carretera de Berlín a Vetas, arrojó una edad Rb/Sr de 680+/-140 m.a, sin embargo el margen de error es considerable y pudiese ser tan joven como el Cámbrico. Ward, *et al* (1973) le asigna una edad de Cámbrico al Ordovícico y en base a relaciones estratigráficas, datos estructurales y diferencias composicionales se sugiere que la Formación Silgará suprayace al complejo Bucaramanga e infrayace discordantemente a las formaciones El Tíbet y Floresta del Devónico (Royero y Clavijo, 2001).

**6.2.2 Granito de pescadero (T3J1GP)(J1-GP)(JTRGP).** Al oeste de la falla de Bucaramanga constituye un plutón alargado de forma irregular e intruye metasedimentos de la Formación Silgará, estando en contacto intrusivo con esta formación (Ward, *et al.*, 1973). Además está cubierto incorformablemente

por la Formación Jordán y cuyo conglomerado basal contiene fragmentos de roca tipo Pescadero (Ward, et a., 1973).

El granito típico de Pescadero es rosado naranja, de grano fino a muy fino, equigranular a ligeramente porfirítico, con fenocristales de feldespato potásico y minerales máficos (Royero y Clavijo, 2001). Los diques de este granito, incluyen pegmatita, aplita, riolita porfirítica y riodacita.

Según Ward, et al (1973), se le asigna una edad de 193+/-6 m.a basado en una determinación radiométrica K/Ar en biotita de la roca biotítica, situándola en el límite Triásico/Jurásico. Además fue descrita en los cuadrángulos de Bucaramanga H12 y Pamplona H13.

**6.2.3 Formación Jordán (JJ)(J1J2J)(JJ-MJ).** Esta unidad fue primeramente descrita por Cediel (1968) y se encuentra en contacto discordante con la suprayacente Formación Los Santos y en contacto fallado con la Formación Silgará. La parte superior de esta unidad está constituida de areniscas de grano muy fino de color rojizo claro, intercaladas con limolitas rojizas y arcillolitas marrón claro en capas de delgado-mediano espesor. En la parte inferior de esta unidad, se encuentra conglomerados con clastos son de composición ígnea, provenientes del granito de Pescadero, pórfidos en su mayoría; estos conglomerados se encuentran en contacto fallado con la Formación Silgará y están intercalados con limolitas arenosas ligeramente conglomeraticas en capas de mediano espesor principalmente. También existen rocas volcanoclásticas de grano fino.

Se le asigna una edad Jurásico Inferior- Medio basado en los conglomerados basales en el área de Piedecuesta, los cuales contiene guijos de la fase porfirítica del granito de Pescadero obtenida por datación radiométrica de 193+/-6 millones de años (Ward et al., 1973 en EOT Municipio de los Santos 2010).

**6.2.4 Formación girón (JG)(JS-KIG)(J3K1-G).** “Girón Series” fue inicialmente el nombre dado por Hettner (1832) para designar un conjunto grueso de areniscas, conglomerados y limolitas color marrón rojizo expuestas en gran magnitud al oeste de Bucaramanga y tomando como nombre la población de Girón. Anteriormente fueron incluidas rocas de unidades que ahora se reconocen como Formación Bocas, Formación Jordán, y Formación Los Santos (Tambor).

La sección tipo de esta unidad está en un área grande triangular de afloramiento en la parte central del cuadrángulo H-12, dentro de esta área el espesor varía desde cero en el lado oriental de la Mesa de Los Santos (H-12, d-7) a posiblemente 4.650 m en la localidad tipo (H-12, c-3, c-4).

Esta unidad se caracteriza por areniscas de grano medio a ligeramente conglomeráticas, de color rojo violáceo, rojo grisáceo y gris verdoso, estratificación cruzada, en capas gruesas, con interestratificaciones de limolitas y lodolitas, de color rojo violeta, grisáceo y algunos niveles delgados de conglomerados con guijos de cuarzo hasta de 4 cm (Royero y Clavijo, 2001).

El contacto de la Formación Girón con la infrayacente Formación Jordán, es una discordancia, que alcanza 10 ° a 15 ° en la parte oriental de la Mesa de los Santos.

El contacto con la suprayacente Formación Los Santos (Tambor) es aparentemente concordante (Ward et al., 1969; Julivert et al., 1964; Tellez 1964). Laverde y Clavijo (1985) confirman que existe una continuidad facial entre las Formaciones Girón y Los Santos, determinándose que dichas unidades litoestratigráficas se originaron en ámbitos continentales. Por otra parte, Blanco y Rincón (2014) en su tesis de grado concluyen que este contacto es continuo transicional.

Para la edad de la Formación Girón, Pons (1982) se ha basado en palinomorfos asignando una edad Jurásico Superior- Cretácico Inferior.

**6.2.5 Formación los santos (Tambor) (K1LS) (KITA-KILS).** Conocida también como Formación Tambor cuando H.D. Hedberg en un informe inédito de 1931 le asignó este nombre. Sin embargo, el nombre no era representativo y Cediél en 1968 la redefinió dándole como nombre Formación Los Santos porque los estratos que conforman esta unidad están bien expuestos en la Mesa de los Santos.

Esta formación consta de areniscas medianas a gruesas, blancas amarillentas, areniscas cuarzosas conglomeráticas, lodolitas con algunos guijos de cuarzo y caliche, en capas con geometría tabular, laminación paralela, bioturbación en algunos niveles (Cediél, 1968).

Las facies de la Formación Los Santos fueron analizadas según el corte “Tu y Yo” en Zapatoca, y constituyen a un depósito de corrientes trenzadas, meandriformes y llanuras de inundación (Clavijo y Laverde, 1985). Además, el tipo de estratificación y la naturaleza de los sedimentos permiten deducir que esta formación es de un ambiente de depositación continental.

En cuanto a su edad, basados en dataciones por el método K/Ar sobre fragmentos de rocas volcánicas, esta formación es de edad  $127\pm 3$  m.a, sugiriendo que los sedimentos se acumularon en el Cretáceo Inferior (Etayo y Rodríguez, 1985).

**6.2.6 Depósitos cuaternarios.** Los depósitos cuaternarios que hacen parte de la zona de estudio son los depósitos aluviales y coluviales que se encuentran sobre los márgenes de los ríos y quebradas, descritos a continuación:

*-Cuaternario Aluvial (Qal):* Depósitos no consolidados de aluvión. Estos depósitos se forman por material de arrastre y se localizan en los cauces de los ríos y quebradas. Están constituidos por arenas y cantos subredondeados. Se considera de edad Holoceno (Royero G. y Clavijo, 2001).

-*Cuaternario Coluvial (Qd)*: Se presentan en algunas zonas del área de estudio, representando por coluviones, derrumbes y talud. Se constituye por cantos y bloques subangulares de arenisca que provienen de la Formación Los Santos. Al igual que la anterior unidad, se considera de edad Holoceno (Royero G. y Clavijo, 2001).

-*Cuaternario de Terrazas (Qtf)*: Depósitos no consolidados aluviales en abanicos, y terrazas. Se considera de edad Pleistoceno

## 7. DESCRIPCIÓN ESTRATIGRÁFICA DE LAS SECCIONES

Para el presente trabajo se ha realizado el levantamiento de cuatro secciones estratigráficas semidetalladas entre los sectores del municipio de Piedecuesta y el peaje La Punta. Es importante aclarar que las secciones 1 y 2 referentes a Blanquiscal Alto y Blanquiscal Bajo representan una columna estratigráfica compuesta\*, la sección 3 El Volador a una columna estratigráfica simple\*\* y finalmente la sección 4 Villa Rosa a una columna estratigráfica de apoyo\*\*\*. A continuación la descripción de cada una de ellas.

Figura 17. Localización geográfica de las secciones levantadas.



Tomado de “Google Earth 2014”.

\*Columna estratigráfica compuesta: Levantamiento de secciones complementarias en donde términos superiores se levantan en una columna y términos inferiores en otra.

\*\* Columna estratigráfica simple: Levantamiento continuo de una sección que incluye un término superior o inferior.

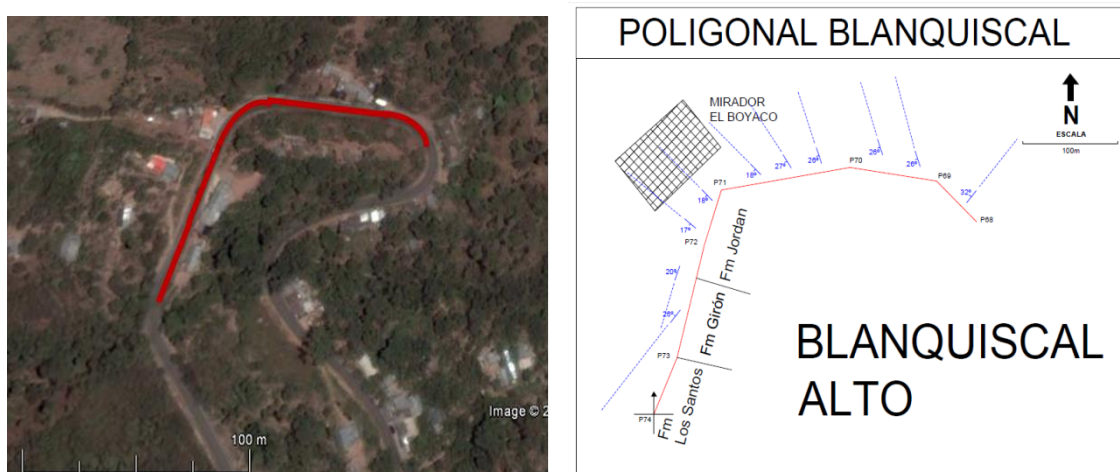
\*\*\* Columna estratigráfica de apoyo: Levantamiento de una sección que no incluye un término superior e inferior, pero soporta la correlación de una columna simple y/o compuesta.

## 7.1 COLUMNA ESTRATIGRÁFICA BLANQUISCAL ALTO.

La sección estratigráfica Blanquiscal Alto de la Formación Jordán, se levantó en la vía que comunica el municipio de Piedecuesta y el peaje La Punta (vía Mesa de los Santos), más específicamente en la vereda El Blanquiscal, sector El Jazmín. Esta sección, es una sucesión de rocas siliciclásticas que afloran tanto en el margen derecho como en el izquierdo de la vía, poniendo en contacto sucesivamente rocas de la Formación Jordán, Formación Girón y Formación Los Santos.

Para esta sección, fueron medidos y descritos 48.95 m de espesor estratigráfico, en los cuales 45.96 m corresponden al techo de la Formación Jordán, 2.6 m al techo de la Formación Girón y 3.4 m a la base de la Formación Los Santos. Las coordenadas del punto inicial y final de la sección son X: 1'114.637; Y: 1'257.957 y X: 1'114.995; Y: 1'257.897 respectivamente.

Figura 18. Localización geográfica (tomada de Google Earth 2014) y poligonal de la sección Blanquiscal Alto elaborada por autores.



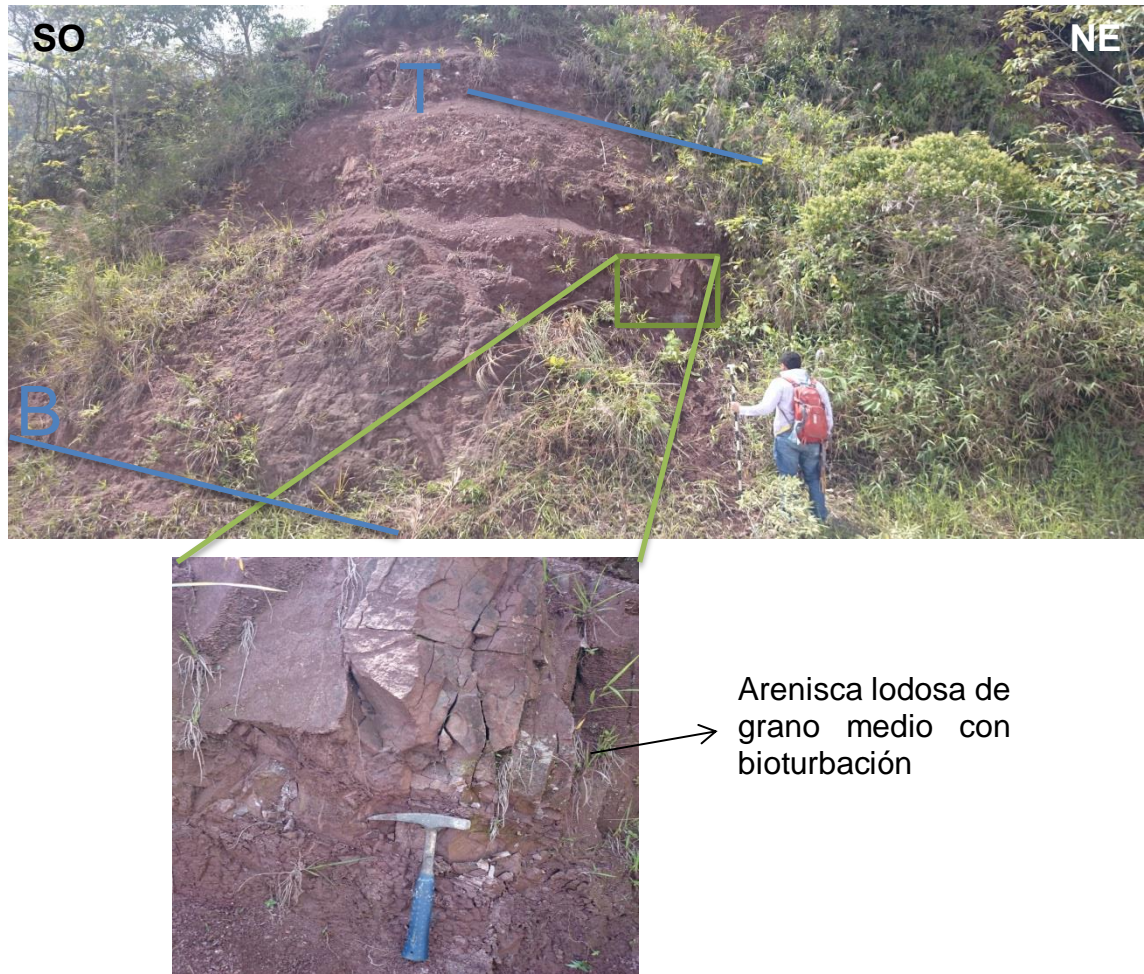
## CONJUNTO SUPERIOR

- *Segmento 1 (0 m a 3.18 m)*

Este segmento corresponde de base a techo a capas medianas de arcillolita arenosa (arcilla 70%; arena 30%) (Folk, 1974) color moderadamente rosado naranja (10R 7/4) intercalada con capas medianas de arenisca lodosa de grano medio y capas gruesas hacia la parte más superior de arenisca lodosa (arena 70%; arcilla 15%; limo 15%) (Folk, 1974) de grano fino (*Muestra CJ-BAS1-04*). Textualmente, la arenisca de grano medio presenta granos angulares a subangulares, pobremente calibrados, contactos puntuales y flotantes entre granos, matriz lodosa en 40% y cemento ferruginoso en 17% y la arenisca lodosa de grano fino, presentan granos angulares a subangulares, bien calibradas, contacto entre granos puntal y flotante, matriz lodosa en 35% y cemento ferruginoso en 15%. Composicionalmente *arcosas* con porcentajes de Q: 48%, F: 40%, L: 12% y Q: 47%, F: 43%, L: 10% respectivamente (Folk, 1974).

En cuanto a la geometría, las areniscas son tabulares y con superficie de estratificación neta. Además, están poco consolidadas, presentan machas blancas, medianamente meteorizadas y con alto fracturamiento.

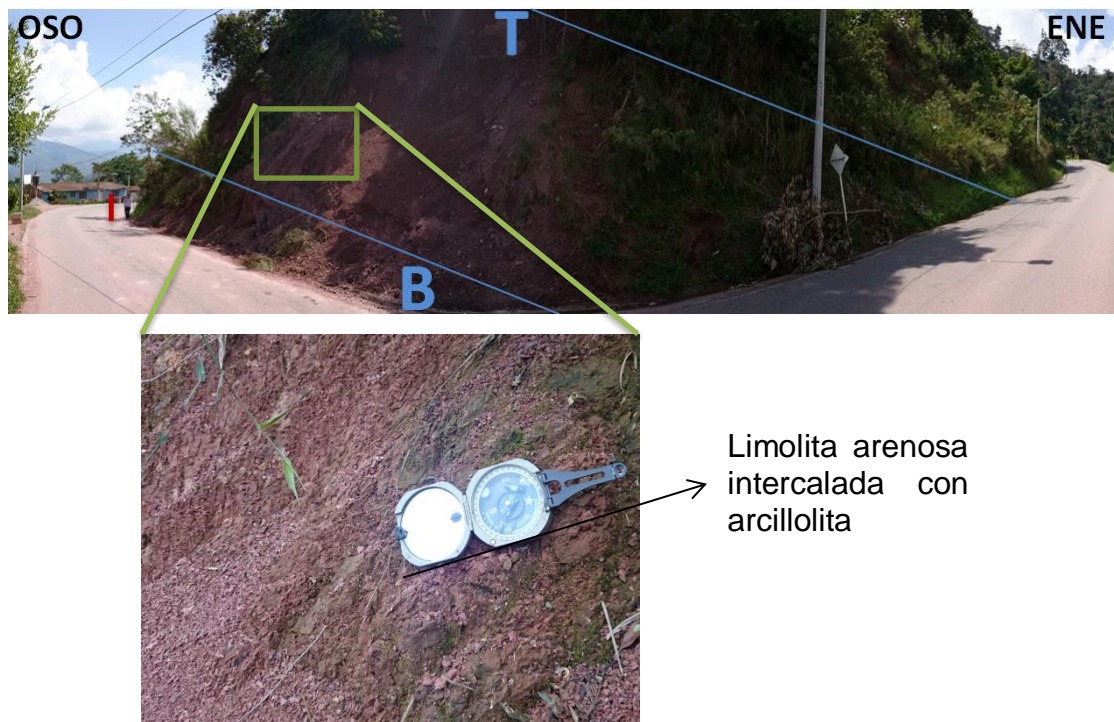
Figura 19. Ilustración de base y techo del segmento 1, columna Blanquiscal Alto.



- *Segmento 2 (3.18 m a 13.92 m)*

Segmento de 10.74 m de espesor. Hacia la base, intercalación entre capas medianas de arcillolita arenosa (arcilla 75%; arena 30%) (Folk, 1974) y limolita arenosa (limo 80%; arena 20%) (Folk, 1974), con colores que varían desde marrón rojizo hasta rojizo claro (10R 4/6; 5R 6/6). Hacia el techo, intercalación de capas medianas de arcillolita moderadamente rojiza (5R 4/6) y limolita moderadamente rosa (5R 7/4) con alto fracturamiento y oxidación, seguido de un segmento cubierto por densa vegetación de 2.22m aproximadamente.

Figura 20. Ilustración de base y techo del segmento 2, columna Blanquiscal Alto.

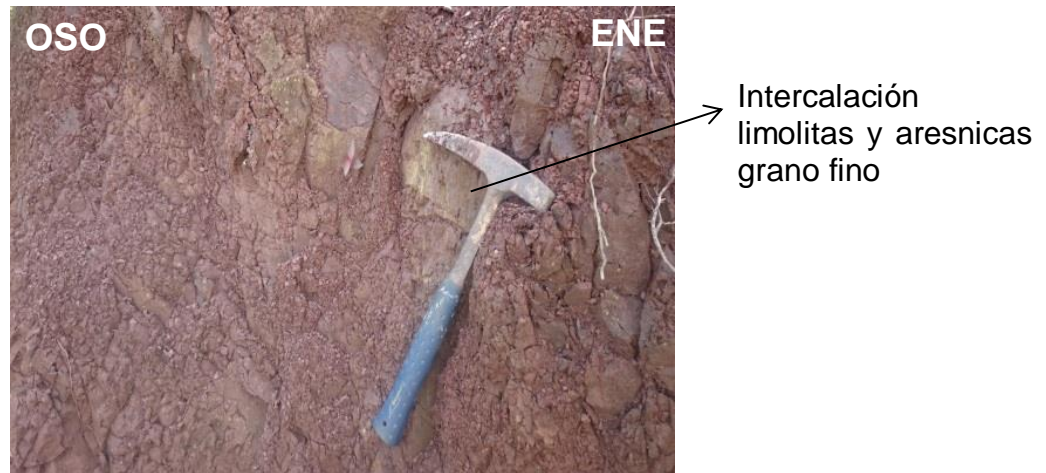


- *Segmento 3 (13.92 m a 19.51 m)*

Segmento de 5.59 m correspondiente a intercalación entre capas medianas de limolita y arenisca de grano fino, ambas de color rojizo claro (5R 6/6).

Las limolitas se encuentran altamente fracturadas, y las areniscas texturalmente presentan granos subredondeados, calibrado regular, contacto puntual y flotante entre los granos, matriz lodosa en 40% y cemento silíceo en 15%. Respecto a su geometría, son tabulares, y con superficie de estratificación neto y difuso. Composicionalmente las areniscas son *arcosas líticas* con Cuarzo 25%, Feldespatos 45% y Líticos 30% (Folk, 1974).

Figura 21. Ilustración de parte del segmento 3, columna Blanquiscal Alto.



- *Segmento 4 (19.51 m a 27.16 m)*

Tiene un espesor de 7.65 m con capas medianas y delgadas predominantemente.

Este segmento es una intercalación de capas delgadas de arcillolita marrón rojizo (10R 4/6) y capas delgadas y medianas de limolita moderadamente rojiza (5R 4/6). En el techo, limolitas presentan bioturbación, venas desde 0.2 hasta 2 cm de calcita y alto fracturamiento. La superficie de estratificación es difusa.

Figura 22. Ilustración del techo del segmento 4, columna Blanquiscal Alto.



- *Segmento 5 (27.16 m a 30.96 m)*

El segmento tiene un espesor de 3.8 m y corresponde a capas medianas y gruesas de areniscas de grano muy fino y areniscas de grano medio respectivamente.

Hacia la parte más basal, se encuentran las capas gruesas de areniscas de grano medio moderadamente rojizas (5R 5/4) en donde texturalmente presenta granos subredondeados, buen calibrado, y contacto longitudinal entre los granos. Además respecto a la geometría, son tabulares, con laminación planoparalela, y superficie de estratificación neta. Presenta matriz lodosa en 18%, cemento silíceo en 10% y venas de calcita de 0.2 cm de espesor. Composicionalmente corresponde a una *arcosa* con Q: 68%, F: 28%, L: 4% (Folk, 1974).

Seguidamente se presentan las capas medianas de areniscas moderadamente rojizas (5R 5/4) de grano muy fino con granos angulares, calibrado regular, contacto puntual y flotante entre los granos, con matriz lodosa de 38% y cemento ferruginoso de 15%. Su geometría es tabular y corresponde a una

*arcosa lítica* con Q: 40%, F: 45%, L: 15% (Folk, 1974) y se encuentran en contacto con capas grandes de areniscas de grano fino rojo pálido (10R 6/2), con granos subredondeados, bien calibradas, contacto longitudinal entre los granos y con venas de calcita con espesor de 0.4 cm (*Muestra CJ-BAS5-03*). Composicionalmente es *arcosa* con Q: 65%, F: 25%, L: 10% (Folk, 1974).

En el techo de este segmento, se encuentran areniscas de grano muy fino en capas medianas, bien consolidadas (*Muestra CJ-BAS5-02*). Son de color moderadamente rojizo (5R 5/4), bien calibradas, granos angulares y contacto longitudinal entre ellos. En cuanto a la matriz, es lodosa en 15% y cemento silíceo en 20%. Es una *arcosa* por sus porcentajes de Q: 60%, F: 30%, L: 10% (Folk, 1974).

Figura 23. Ilustración de base del segmento 5, columna Blanquiscal Alto.



- *Segmento 6 (30.96 m a 42.96 m)*

El segmento presenta un espesor de 12 m y corresponde de techo a base a intercalación de capas medianas y gruesas de areniscas de grano fino color rosa grisáceo naranja (5YR 7/2) y arenisca de grano muy fino rojo claro (5R 6/6) con limolitas moderadamente rojizas (5R 4/6). Hacia la base capas medianas de limolitas arenosas moderadamente rojizas (5R 5/4) y arcillolitas verde moderadamente amarillento (5GY 6/4).

Las areniscas de grano fino presentan geometría tabular y texturalmente presentan granos subredondeados, buen calibrado y contacto longitudinal entre los granos. Presentan matriz lodosa variando en % de matriz desde 20% hasta 40% y cemento silíceo desde 8% hasta 10% respectivamente. Se encuentran altamente fracturadas, baja meteorización y en algunas zonas con oxidación. Composicionalmente son *arcosas* con promedio de Cuarzo (66%), Feldespato (28%) y (6%) (Folk, 1974).

Las areniscas de grano muy fino en alternancia con limolitas, están en capas medianas, presentan granos subangulares y se encuentran bien calibradas. El contacto entre los granos es longitudinal y con matriz lodosa en 40% y cemento silíceo 8%. Presentan oxidación y bioturbación y composicionalmente son *arcosas* con Cuarzo (35%), Feldespato (55%) y Líticos (10%) (Folk, 1974).

Figura 24. Ilustración de techo del segmento 6, columna Blanquiscal Alto.



- *Segmento 7(42.96m a 45.58m)*

Este segmento tiene 2.62 de capas muy gruesas de la Formación Girón en contacto discordante con la Formación Jordán hacia la base y con la Formación Los Santos hacia el techo.

Hacia la base, capas conglomeraticas con guijarros subredondeados, mal calibrados, contacto tangencial entre granos, matriz arenolodosa y color de roca (5RP 6/2).

En el techo conglomerados con guijas que disminuyen desde 16 mm hasta 4 mm. Son subredondeadas, contacto tangencial entre granos, mal calibrado pero bien cementadas con matriz arenolodosa, su color es (5RP 4/2).

Figura 25. Ilustración de techo y base del segmento 7, columna Blanquiscal Alto. Se observan los contactos entre Formación Jordán- Formación Girón y Formación Girón- Formación Los Santos.



- *Segmento 8 (45.58m a 48.95m)*

Segmento de 3.37 m de capas medianas y gruesas y en el que están en contacto la Formación Los Santos y la Formación Girón. La base del segmento está conformada por arenisca lodosa (arena 60%, limo 20%, arcilla 20%) (Folk, 1974) de grano muy fino con granos redondeados, buen calibrado y contacto longitudinal entre granos (*Muestra CJ-BAS8-01*). Hacia el techo, conglomerados con guijas desde 4mm hasta 16 mm con pobre calibrado, granos subredondeados, contacto longitudinal entre ellos, matriz arena limosa de 19% y cemento silíceo de 10%. Respecto a su color, la arenisca lodosa es purpura rojizo pálido (10R 6/2) y los conglomerados gris amarillento (5Y 8/1). Además, se evidencia una falla en contacto con limolita color purpura grisáceo (5P 4/2).

Figura 26. Ilustración de techo y base del segmento 8, columna Blanquiscal Alto. Se observa nuevamente el contacto entre Formación Los Santos- Formación Girón.



Conglomerado arenolodoso de guijas de la Fm Los Santos

Figura 27. Columna estratigráfica Blanquiscal Alto a escala 1:120.

FORMATO PARA LA TOMA DE INFORMACION ESTRATIGRAFICA EN CAMPO

Localización: "BLANQUISCAL ALTO" Escala: 1:117.3 Levanto: CAMILO ARGUELLO - JAIME GUERRERO  
 Plancha: 128 - IV - B Punto Inicial: X: 1.114.637 Y: 1.257.957 Z: 1.596 +/- 3m Hoja No.: 1  
 Unidad: FORMACIÓN JORDÁN, FORMACIÓN GIRÓN, FORMACIÓN LOS SANTOS. Punto Final: X: 1.114.995 Y: 1.257.897 Z: 1.516 +/- 3m

FORMACIÓN	SEGMENTO	PUNTO POLIGONAL	MEDIDAS DE LA ESCALA (m)	ESPESOR SEGMENTO (m)	ESPESOR ACUMULADO (m)	DATO ESTRUCTURAL	MUESTRA	FOTO	LITOLOGÍA			CARACTERÍSTICAS FÍSICAS										COLOR			COMPOSICIÓN		
									Md	Wk	Pk	Gr	GEOMETRÍA										C	F	L		
													GRANULOMETRÍA					ESTRUCTURA INTERNA								TEXTURA	
									ARENA		GRAVA			Md	Mn	Mg	Mg	A	B	BR	PC	RC	RBC	MBC	Tem/Long.	Puntual	Flotante
FORMACIÓN LOS SANTOS	S8		3.37 48.95			C1-BA S8-91			Tabular	Neta		X	X														
FORMACIÓN GIRÓN	S7		2.82 45.58			N49°W 29°SW			Tabular	Neta		X	X		X		X		19	10	5Y 8/1						
FORMACIÓN JORDÁN	P72					N19°W 29°SW			Tabular	Neta		X		X		X	X		40	8	5R6/6	35	55	10			
	S6	P69				N44°W 19°SW			Difusa	Neta		X	X	X		X	X		25	10	5R4/6	66	28	6			
						N44°W 19°SW			Difusa	Neta		X	X	X		X	X		20	8	5R6/6	70	28	2			
						N44°W 19°SW			Tabular	Neta		X	X	X		X	X				5YR7/2						
						N44°W 19°SW			Tabular	Difusa		X		X		X	X				5GY6/4						
	P71					N46°W 19°SW			Neta	Difusa		X		X		X	X		37	9	5R6/6	48	42	10			
	S5	P70					N34°W 27°SW	C1-BA S5-62		Tabular	Neta		X	X	X	X	X	X	X	15	20	5R5/4	60	30	10		
						N19°W 29°SW	C1-BA S5-63		Tabular	Neta		X	X	X	X	X	X	X	18	18	10R6/2	65	25	10			
						N19°W 29°SW			Tabular	Neta		X		X		X	X		18	10	5R5/4	68	28	4			
	S4	P69					N17°W 29°SW			Difusa	Neta		X									10R4/6					
									Difusa	Neta		X															
S3	P69					N19°W 29°SW			Difusa	Neta		X		X		X	X	X	40	15	5R6/6	25	45	30			
									Tabular	Neta		X															
									Tabular	Neta		X															
S2	P69					N19°W 29°SW			Tabular	Difusa		X										5R4/6					
									Tabular	Difusa		X										5R7/4					
									Tabular	Difusa		X										5R5/4					
									Tabular	Difusa		X										10R4/6					
S1	P68					N49°E 32°W	C1-BA S1-94		Tabular	Neta		X	X	X		X	X	X	35	15	10R7/4	47	43	10			
									Tabular	Difusa		X		X	X		X	X	40	17	10R7/4	48	40	12			

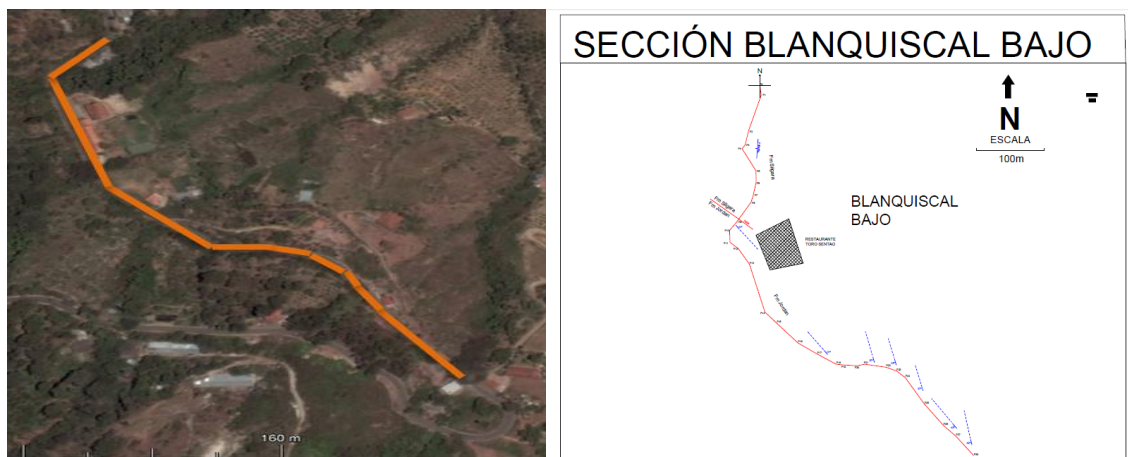
LITOLOGÍAS			ESTRUCTURAS SEDIMENTARIAS		OTRAS CONVENCIONES	

## 7.2 COLUMNA ESTRATIGRÁFICA BLANQUISCAL BAJO

La sección estratigráfica Blanquiscal Bajo de la Formación Jordán, se levantó en la vereda El Blanquiscal (Vía Piedecuesta – Peaje la Punta) tomando como punto inicial y final, las cercanías del restaurante Toro Sentao y la capilla San Martín más exactamente con coordenadas X: 1'114.901; Y: 1'257.975 y X: 1'115.197; Y: 1'257.604 respectivamente.

Esta columna corresponde a una sucesión de rocas sedimentarias siliciclásticas y carbonatadas, con presencia de algunas rocas ígneas volcanoclásticas que afloran a lo largo de la carretera principal hacia la Punta de la Mesa entre la quebrada El Callo y el caserío conocido como el Fion. Fueron medidos y analizados 238,77m de espesor estratigráfico, correspondientes al conjunto superior de la Formación Jordán en contacto fallado con la Formación Silgará.

Figura 28. Localización geográfica (tomada de Google Earth 2014) y poligonal de la sección Blanquiscal Bajo elaborada por autores.



## CONJUNTO SUPERIOR

- *Segmento 1 (0 m a 17.54 m)*

Presenta un espesor de 17.54m y son filitas cuarcíticas (cuarzofilitas), con una dirección preferencial de foliación (N3°E). La roca aflorante se encuentra altamente meteorizada y ha sufrido procesos de oxidación. Su color es naranja amarillento pálido (10YR 8/6)(*Muestra CJ-BBS1-05*).

Roca foliada de grano fino, textura granolepidoblastica y definida por la orientación de filosilicatos (moscovita y biotita), además de cuarzo, minerales opacos y secundarios. Este segmento corresponde a la Formación Silgará en contacto fallado con la Formación Jordán, esto tomando como referencia el alto fracturamiento de la roca y la presencia de estrías y espejos de falla. En la parte superior se presenta un segmento cubierto de 1.01m de espesor.

Figura 29. Ilustración de la base del segmento 1 correspondiente a la Formación Silgará, columna Blanquiscal Bajo.



- *Segmento 2 (17.54 m a 22.28m)*

En este segmento de 4.7m, constituye hacia la base dos capas gruesas de limolitas arenosas (limo 70%, arena 30%) (Folk, 1974), uno con un color rojo pálido (10R 6/2) y alta meteorización, y el otro de color moderadamente rosada (5R 7/4) y baja meteorización. Las dos capas de limolitas arenosas, se caracterizan por tener una superficie de estratificación neta. Composicionalmente los granos de la limolita arenosa están conformados por feldespatos, cuarzo y algunos líticos.

Hacia la parte media del segmento, se presenta arcillolitas fisiles de color rojo muy oscuro (5R 2/6), con presencia de líticos. Las capas son gruesas y la superficie de estratificación es difusa. Debido a que esta zona se encuentra afectada tectónicamente, el fracturamiento es alto y se pueden observar espejos de falla; también es visible la acción de la meteorización en la roca.

En el techo, capas medianas de limolitas moderadamente rojizas (5R 4/6) y superficie de estratificación difusa. Presentan micropliegues y alto fracturamiento formado por la dinámica de la zona.

Figura 30. Ilustración de base 2. Se ilustra el contacto fallado entre la Formación Jordán y la Formación Silgará, columna Blanquiscal Bajo.



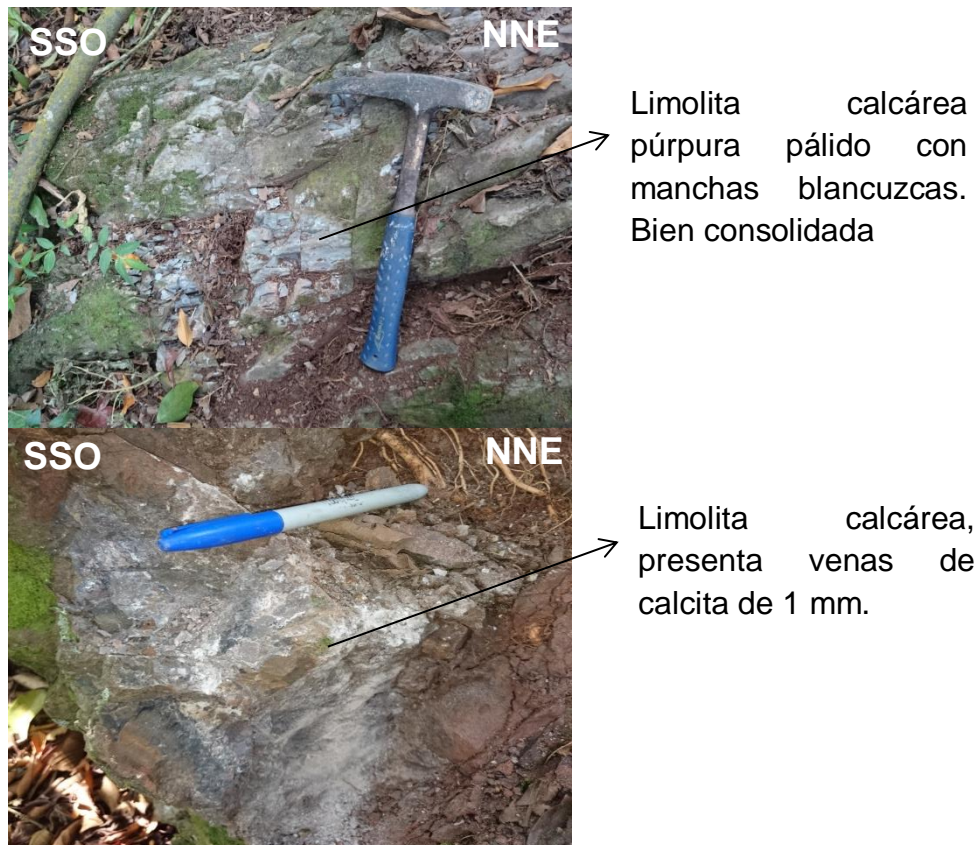
- *Segmento 3 (22.28 m a 111.96 m)*

Este segmento es heterogéneo en su litología, conformado por rocas sedimentarias tanto siliciclásticas como carbonatadas.

Hacia la parte inferior encontramos capas medianas de limolitas de color moderadamente rojo (5R 4/6) y continuando hacia la parte media ubicada en la quebrada “El Callo” se presentan limolitas calcáreas color púrpura pálido (5P 6/2) muy bien consolidadas presentando venas de calcita, oxidación y manchas color blancuzco grisáceo (*Muestra CJ-BBS3-06*). Siguiendo nuevamente limolitas calcárea algo menos consolidadas y presentando también venas de calcita de 1 mm de espesor (*Muestra CJ-BBS3-07*). En el techo, se presenta un

segmento cubierto con un gran espesor de 83.91m y constituido por vegetación abundante y rocas rodadas de la Formación Los Santos.

Figura 31. Ilustración de parte del segmento 3, columna Blanquiscal Bajo.



▪ *Segmento 4 (111.96 m a 125.01 m)*

Este segmento de 13.05 m de espesor está conformado por rocas volcánicas, cuerpo ígneo que abarca un tamaño de 2.55 m. La roca aflorante se encuentra altamente meteorizada y dentro de ella se distinguen tres diferentes colores: marrón amarillento oscuro (10YR 2/2), marrón moderadamente rojizo (10R 4/6) y naranja moderadamente rojizo (10R 6/6).

Los cristales presentes en dicha roca son poco reconocibles ya que se encuentran bastante alterados. El tamaño de los fragmentos oscila entre 0.5 y 1.5 cm. Hacia la parte superior se presenta un segmento cubierto por alta vegetación de espesor 10.5 m, el cual se caracteriza por tener presente rocas rodadas composicionalmente cuarzoareniscas, provenientes de la Formación Los Santos.

Figura 32. Ilustración de parte del segmento 4, columna Blanquiscal Bajo.



- *Segmento 5 (125.01 m a 140.01 m)*

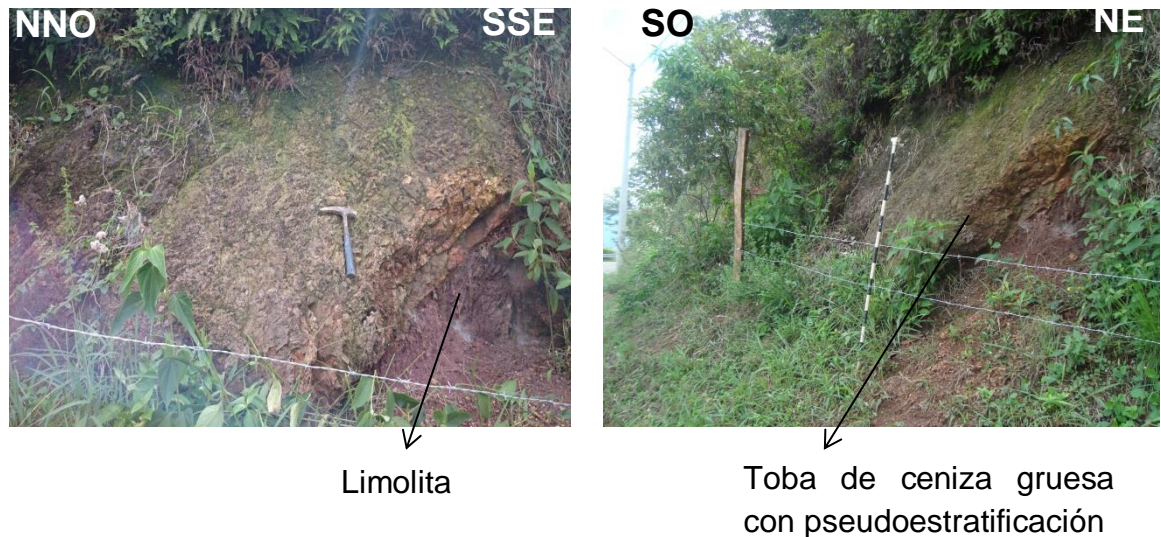
Segmento de 15 m de espesor y se encuentra compuesto en la parte intermedia por limolitas y toba de ceniza volcánica gruesa (Schmid, 1981) el cual ha cambiado su aspecto físico debido a la alteración. Se presenta pseudoestratificación con color naranja moderadamente rojizo (10R 6/6) (*Muestra CJ-BBS5-08*). Además dentro de sus capas encontramos algunos fenocristales que por su alta meteorización no son reconocibles.

En base y techo, capas medianas de lodolita conglomerática (lodo 75%, grava 20%, arena 5%) con alta meteorización, tamaño de clastos oscilando entre 1mm y 15mm, subredondeados. También se encuentra afectada

tectónicamente, debido a la presencia de espejos y estrías de falla. Su color es marrón moderadamente rojizo (10R 4/6). Las capas presentan un rumbo N16°W y un buzamiento de 37°SW

En este segmento se evidencia falla local con dato estructural N28°E/24°NW.

Figura 33. Ilustración de parte del segmento 5, columna Blanquiscal Bajo.



- *Segmento 6 (140.01 m a 192.91 m)*

Constituido principalmente por una alternancia de capas de limolitas moderadamente rosadas (5R 7/4), arcillolita arenosa (arcilla 75%, arena 20%, limo 5%) (Folk, 1974) naranja moderadamente rojizas (10R 6/6), lodolitas y limolitas de color rojizo claro (5R 6/6). Las capas presentan un espesor grueso. Las arcillolitas arenosas están caracterizadas por alto fracturamiento y alta oxidación. Composicionalmente los granos tamaño arena son de muscovita, cuarzo y algunos líticos. De igual forma presenta algunos cristales altamente meteorizados de color naranja amarillento. Estructuralmente las capas tienen rumbo N16°W y buzamiento 37°SW. Hacia la parte superior se presenta un segmento cubierto de espesor 36.72 m.

Figura 34. Ilustración de parte del segmento 6, columna Blanquiscal bajo.

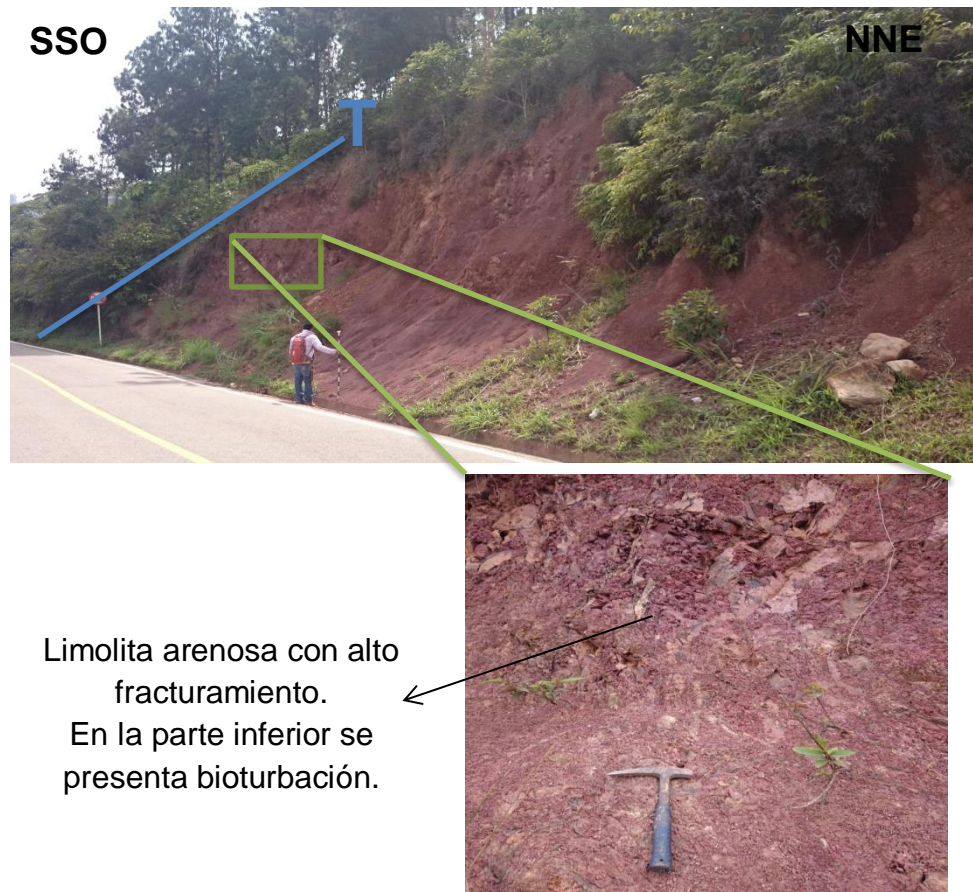


Limolita rojizo claro con espejos de fallas. Se encuentran con alta meteorización

- *Segmento 7 (192.91 m a 222.35 m)*

Segmento de 29.44m, conformado hacia la base por capas mediana de limolita rojo oscuro (5R 3/4) y lodolita naranja moderadamente rojizo (10R 6/6), con espesor de capas grueso. Seguido de capas gruesas de limolita rojo oscuro (5R 3/4) con bioturbación, limolita arenosa (limo 65%; arena 35%)(Folk, 1974) en donde se evidencian estrías de fallas y limolita altamente fracturada, presentando micropliegues y oxidación (*Muestra CJ-BBS7-09*). En el techo del segmento, capa mediana de arcillolita rojo muy oscuro (5R 2/6) y nuevamente limolita arenosa (limo 74%, arena 26%) (Folk, 1974) en capas muy gruesas. Presenta mediana a alta meteorización, lo cual transforma el aspecto físico de las rocas presentes. El dato estructural de las capas es N16°W/37°SW. Hacia la parte superior se encuentran rocas rodadas y un segmento cubierto que abarca 9.03 m.

Figura 35. Ilustración de techo del segmento 7, columna Blanquiscal Bajo.



- *Segmento 8 (222.35 m a 238.77 m)*

Este segmento que abarca un espesor de 16.42m y está constituido por capas medianas y gruesas de arcillolitas arenosas, lodolitas arenosas, limolitas arenosa y limolitas. Todas de color marrón moderadamente rojizo (10R 4/6) y en promedio en dato estructural N11°W /32°SW.

Hacia la base arcillolita arenosa (arcilla 70%, arena 25%, limo 5%)(Folk, 1974) de capas gruesas, las cuales presentan una secuencia granodecreciente tomando como referencia los granos tamaño arena presentes en ella. Seguido de lodolita arenosa (arena 40%, arcilla 30%, limo 30%), limolita arenosa (limo 72%, arena 28%) y en el techo limolita. La superficie de estratificación es

difusa, y presentan alto fracturamiento y espejos de falla hacia la parte superior del segmento.

Figura 36. Ilustración de base y techo del segmento 8. Parte final de la sección, columna Blanquiscal Bajo.





### 7.3 COLUMNA ESTRATIGRÁFICA EL VOLADOR.

La siguiente sección estratigráfica denominada El Volador y de la que lleva el mismo nombre a la vereda en la que se realizó, es una sucesión de rocas siliciclásticas que afloran a lo largo de la vía que conduce el municipio de Piedecuesta al peaje La Punta. Fueron medidos y descritos 220.63 m de espesor estratigráfico, el cual incluye el contacto con la Formación Silgará.

La sección, tiene como punto inicial X: 1'115,191; Y: 1'259,836 y final X: 1'115,341; Y: 1'260,159.

Figura 38. Localización geográfica (tomada de Google Earth 2014) y poligonal de la sección El Volador elaborada por autores.



#### CONJUNTO INFERIOR

- *Segmento 1 (0 m a 40.5 m)*

Este segmento está compuesto por rocas metamórficas de la Formación Silgará. Coloración de las rocas de (5R 7/4) y (5Y8/1) teniendo en cuenta que se encuentran altamente alteradas afectando su color original (*Muestra CJ-VLS1-014*). Existen también, bloques rodados angulares y muy angulares. Estas rocas se encuentran altamente meteorizadas y presentan notable oxidación.

Hacia la parte más superior se presentan 33 m de depósitos coluviales con clastos angulares y subangulares de tamaños entre 0.5 cm hasta 5 cm. Estos clastos son en gran porcentaje de cuarzo y bloques de areniscas de grano fino con alto contenido de muscovita. Los clastos presentan alta meteorización y oxidación.

Figura 39. Ilustración de base y techo del segmento 1. Formación Silgará, columna El Volador.



- *Segmento 2 (40.5 m a 87.53 m)*

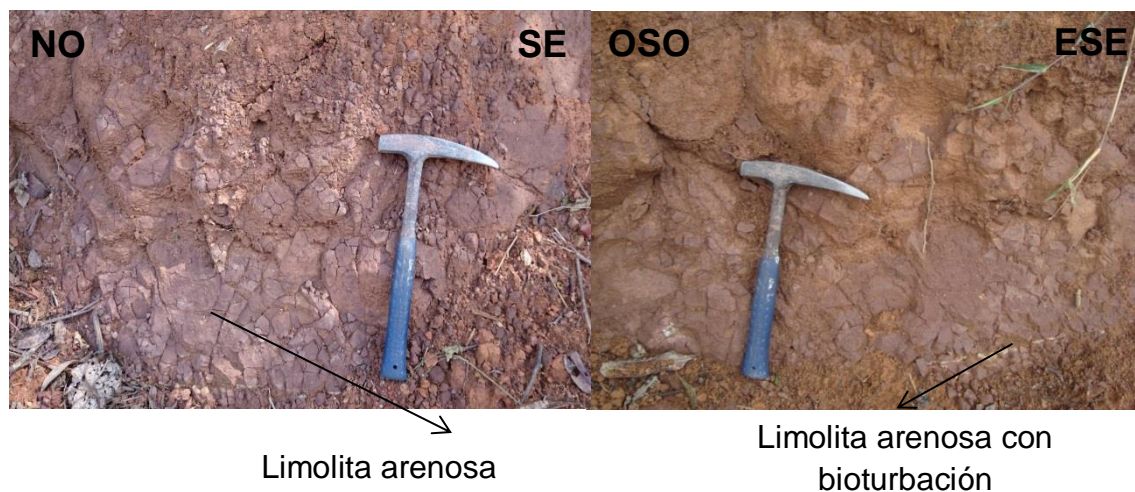
Este segmento presenta un espesor de 47.03m y hacia la base corresponde a capas gruesas de limolitas arenosas (limo 70%, arena 30%) (Folk, 1974) moderadamente rojizas (5R 5/4). Estas limolitas se encuentran bien consolidadas y medianamente fracturadas. Seguidas de un depósito coluvial con clastos desde 0.3 cm hasta 2 cm, angulares a subangulares, principalmente de cuarzo, filitas y rocas metamórficas. Los clastos presentan alta meteorización.

Siguiente a esto, continúan limolitas arenosas marrón moderadamente rojizas (10R 4/6), presentando una secuencia granocreciente en donde hacia la base existen limolitas arenosas de grano medio e incrementando hasta limolitas arenosas de grano muy grueso.

Continuando, se encuentra un nuevo depósito coluvial variando el tamaño de los clastos entre 1 cm hasta 10 cm de diámetro. Hacia la parte superior de este depósito se encuentran rocas de la Formación Silgara bien consolidadas y con baja meteorización, las cuales presentan notables espejos.

Hacia el techo de este segmento, se presentan inicialmente capas gruesas de limolitas arenosas (limo 68%, arena 32%)(Folk,1974) color marrón rojizo oscuro (10R 3/4), bien consolidadas, seguido de capas gruesas de areniscas de grano muy grueso y nuevamente limolita arenosa (limo 75%, arena 25%). Las areniscas son de color rosado naranja grisáceo (5YR 7/2) y superficie de estratificación difusa. Estas areniscas texturalmente, están compuestas de granos subredondeados, regularmente calibrados, presentando contactos puntuales y flotantes entre los granos, siendo este último el de mayor predominio. Composicionalmente presentan minerales de Cuarzo 27%, Feldespato 35%, Líticos 38% y corresponde a una *litarenita feldespática* (Folk, 1974).

Figura 40. Ilustración de parte del segmento 2, columna El Volador. Formación Jordán.



- *Segmento 3 (87.53 m a 98.7 m)*

Segmento de 11.17 m y está constituido en la parte inferior por un depósito coluvial con clastos angulares y subangulares desde 0.4 cm hasta 3 cm de diámetro. Los clastos se encuentran altamente meteorizados y son de cuarzo, fragmento de roca y areniscas.

Siguiendo capas medianas de limolita, limolita arenosas de grano medio y lodolita conglomeráticas. Todas de color marrón moderadamente rojizo (10R 4/6). Estas limolitas presentan oxidación.

Hacia el techo de este segmento se presenta un nuevo depósito coluvial con espesor aproximado de 3 metros.

Figura 41. Ilustración de parte del segmento 3, columna El Volador.



- *Segmento 4 (98.7 m a 105.4 m)*

El espesor para este segmento es de 6.7 m y está conformado por intercalación de capas medianas color marrón moderadamente rojizo (10R 4/6) de conglomerados y areniscas. Hacia la base, conglomerados con guijas en promedio de 4 mm, geometría irregular y texturalmente angulares a subangulares, pobremente calibrado, contacto entre granos longitudinal, porcentaje de matriz arenolodosa de 22% y de cemento ferruginoso del 20%.

Composicionalmente con porcentaje promedio de Q: 20%, F: 45%, L: 35% (Folk, 1974).

Seguidos en contacto erosivo con areniscas de grano medio de geometría irregular, texturalmente subredondeados, con buen calibrado, contacto longitudinal entre los granos y presentando un porcentaje promedio de matriz lodosa del 30% y cemento ferruginoso del 12%. Composicionalmente son *litarenitas feldespática* con porcentaje promedio de Q: 20%, F: 35%, L: 45%. (Folk, 1974). Continuando en contacto erosivo con conglomerados de geometría irregular y guijas desde los 4 mm hasta los 16 mm. Texturalmente, granos subangulosos y subredondeados, pobremente calibrado, contacto puntual y flotante entre los granos, con porcentaje promedio de matriz arenolodosa de 40% y de cemento ferruginoso de 20%. En cuanto a la composición, presenta porcentaje promedio de Q: 33%, F: 34 %, L: 33% (Folk, 1974). Estos conglomerados se encuentran en contacto erosivo con arenisca de grano medio de geometría tabular ubicadas en el techo del segmento. Texturalmente, granos subredondeados, regularmente calibrado, contacto longitudinal y puntual entre los granos, porcentaje de matriz lodosa de 25% y cemento ferruginoso de 15%. Respecto a la composición, porcentaje promedio de Q: 27%, F: 50%, L: 33% siendo una *arcosa lítica* (Folk, 1974). Hacia el techo en superficie de estratificación neta.

Figura 42. Ilustración de parte del segmento 4, columna El Volador.



→ Conglomerado arenolodoso de guijas

- *Segmento 5 (105.4 m a 138.23 m)*

Segmento con espesor de 32.83 m con capas de color moderadamente marrón rojizo que van desde medianas de arenisca hasta capas gruesas y muy gruesas de limolita arenosa, limolita y conglomerados.

Hacia la base, limolita arenosa (limo 72%, arena 28%) (Folk, 1974) color marrón moderadamente rojizo (10R 4/6), bien consolidadas y conglomerados con gránulos y guijas angulares y subangulares desde 2mm hasta 5mm.

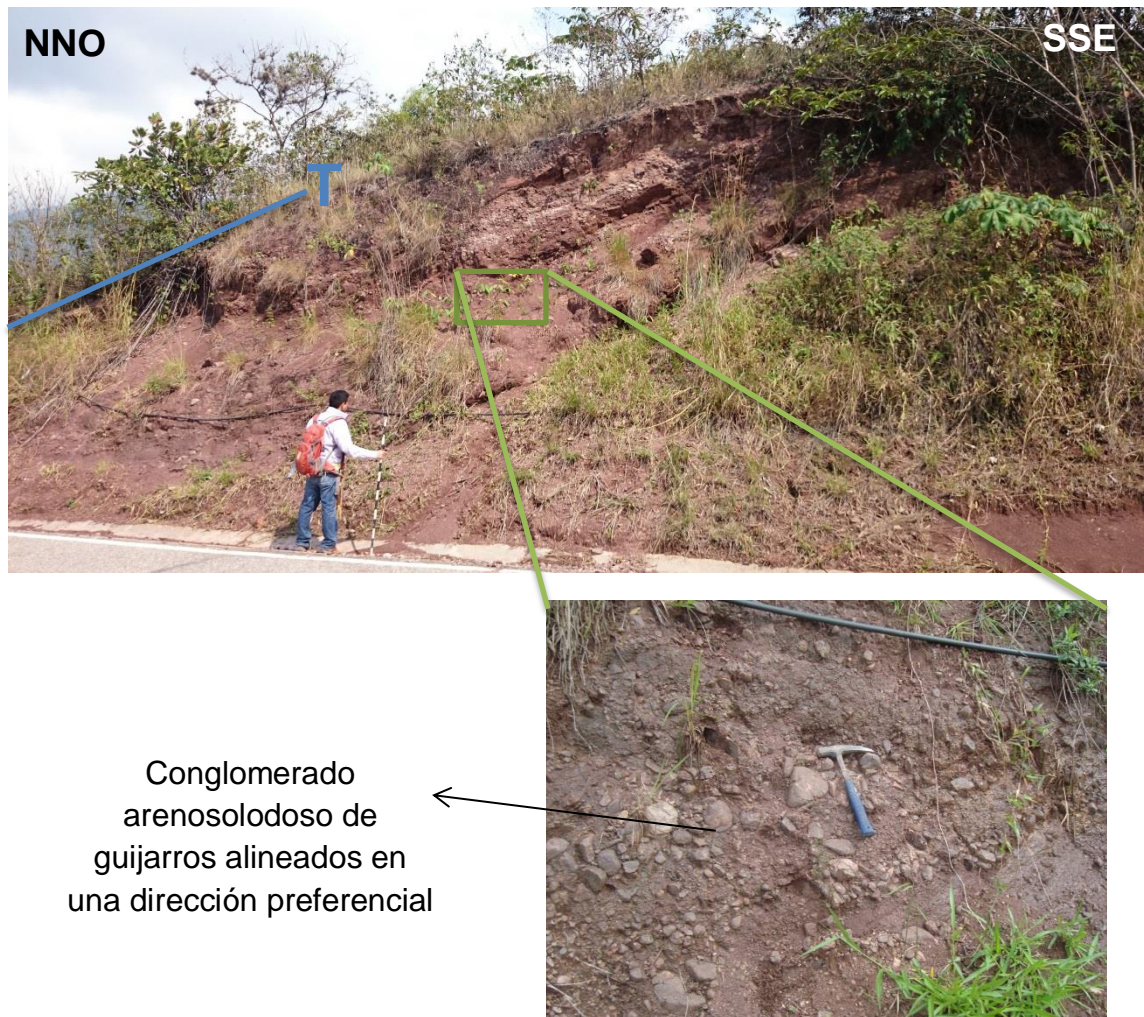
Seguido de un segmento cubierto por vegetación y rocas rodadas de 6.79 m de espesor.

Posterior a esto, capas medianas de arenisca de grano muy grueso de geometría irregular. Texturalmente, granos angulares a subangulares, pobremente calibrado y contacto entre los granos puntual y flotante. En cuanto a la matriz, es lodosa en 30% y cemento silíceo en 22%. Composicionalmente, corresponde a una *arcosa lítica* con porcentaje promedio de Q: 30%, F: 40%, L: 30%. Seguido en superficie de estratificación difuso con capas gruesas de limolitas arenosas de grano medio a grueso de mediana meteorización.

Luego, nuevamente segmento cubierto por remoción en masa. Continuando, capas muy gruesas de paraconglomerados líticos (intercalados con capa gruesa de limolita) con guijas hasta de 64 mm y orientados en dirección N 55°W, subredondeados a redondeados, contacto longitudinal, matriz arenolodosa de 45% y cemento ferruginoso de 23% (CJ-VLS5-013). Composicionalmente las guijas son pórfidos provenientes del granito de pescadero.

En el techo, capas muy gruesa de limolita arenosa de grano fino, limolita y lodolita conglomerática. En estas, se evidencian claros espejos y estrías de fallas de dirección N14°E, producto de movimientos tectónicos. Estas capas se encuentran altamente fracturadas y de color marrón moderadamente rojiza (10R 4/6).

Figura 43. Ilustración de techo del segmento 5, columna El Volador.



- *Segmento 6 (138.23 m a 196.38m)*

Segmento de 58.15m, en donde hacia la base no se presenta ningún afloramiento en 50.77m pero con evidencia geomorfológicas como sillitas de montar del paso de una falla local de orientación E-W.

Continuando una alternancia de capas medianas y gruesas de limolita y limolita arenosa (limo 80%, arena 12%, arcilla 8%) de colores marrón moderadamente rojizo (10R 4/6). En el techo del segmento, capas gruesas de lodolita arenosa (limo 40%, arcilla 40%, arena 20%) y lodolita conglomeratica (lodo 80%, grava

20%) de color rojo muy oscuro (5R 2/6). Estas últimas presentan bioturbación y oxidación.

Figura 44. Ilustración de base y techo del segmento 6, columna El Volador.



- *Segmento 7 (196.38m a 208.5m)*

El actual segmento tiene un espesor de 12,12 m y está constituido por capas gruesas de limolita, capas medianas de arenisca grano medio y un segmento cubierto por vegetación y clastos en promedio de 6mm. Las limolitas de la base, presentan alta alteración por meteorización física siendo su color natural rojo claro (5R 6/6) y su color de alteración naranja amarillento pálido (10YR 4/6). Estas presentan bioturbación.

Siguiendo, limolitas color púrpura muy oscuro (5RP 4/2) con colores de alteración moderadamente amarillo (5Y 7/6) y moderadamente naranja rojizo (10R 6/6). Estas limolitas presentan nódulos y venas de calcita. Los nódulos de diámetro 2 cm y las venas de 0.1 cm y 0.2 cm. También presenta recristalización.

Continuando areniscas de grano medio con bioturbación, geometría tabular y superficie de estratificación neta. Texturalmente, granos angulares y subangulares, regularmente calibrado y contacto longitudinal entre granos. Respecto a su matriz lodosa, es de 35% y cemento silíceo 10%. Composicionalmente se identifica como *arcosa* con Q: 65%, F: 32%, L: 3% (Folk, 1974).

Figura 45. Ilustración de base y techo del segmento 7, columna El Volador.



- *Segmento 8 (208.5m a 211.8m)*

Presenta 3.3 m de espesor, y está conformado por capas gruesas de limolitas compactas de color marrón rojizo oscuro (10R 3/4) y rojo muy oscuro (5R 2/6) (*Muestra CJ-VLS8-011*). Tienen venas y nódulos de calcita, además de bioturbación. Las venas de 0.1 cm de espesor y los nódulos desde 5 cm y hasta 8 cm.

Figura 46. Ilustración de base y techo del segmento 8, columna El Volador.



Limolitas compactas con  
nódulos de carbonato de  
calcio y venas de calcita



- *Segmento 9 (211.8m a 217.9m)*

Este segmento corresponde a 6.1 m y constituye capas medianas y gruesas de limolita rojo oscuro (5R 3/4) y limolita con alto porcentaje en líticos moderadamente amarillo (5Y 7/6) (*Muestra CJ-VLS9-012*), además de arenisca de grano muy fino moderadamente rosa naranja (10R 7/4). Las areniscas presentan geometría tabular y superficie de estratificación neta. En cuanto a la textura, tiene granos redondeados, buen calibrado, contacto longitudinal entre los granos, matriz lodosa 40% y cemento silíceo 15%. Composicionalmente, se reconoce como *litarenita* con Q: 30%, F: 20%, L: 50% (Folk, 1974). Se evidencian estrías de falla con plano N82°E/30°SE, venas de calcita de 0.1 cm y fragmentos líticos en las limolitas.

Figura 47. Ilustración de base y techo del segmento 9, columna El Volador.



- *Segmento 10 (217,9m a 224.2m)*

Este segmento corresponde al techo de la sección estratigráfica y tiene como espesor 6.3 m.

Esta organizado hacia la base por capas medianas de limolita arenosa (limo 80%, arena 20%)( Folk, 1974) color rojo oscuro (5R 3/4), seguido de limolita rojo negruzco con venas de calcita de 0.3m (CJ-VLS10-010).

En el techo capas gruesas de limolita arenosa (limo 65%, arcilla 20%, arena 15%) naranja grisáceo, seguido de limolita roja grisácea (10R 4/2) con venas de calcita desde 0.1 cm hasta 0.3 cm y nódulos de 2 cm de diámetro.

Figura 48. Ilustración de base y techo del segmento 10, columna El Volador.



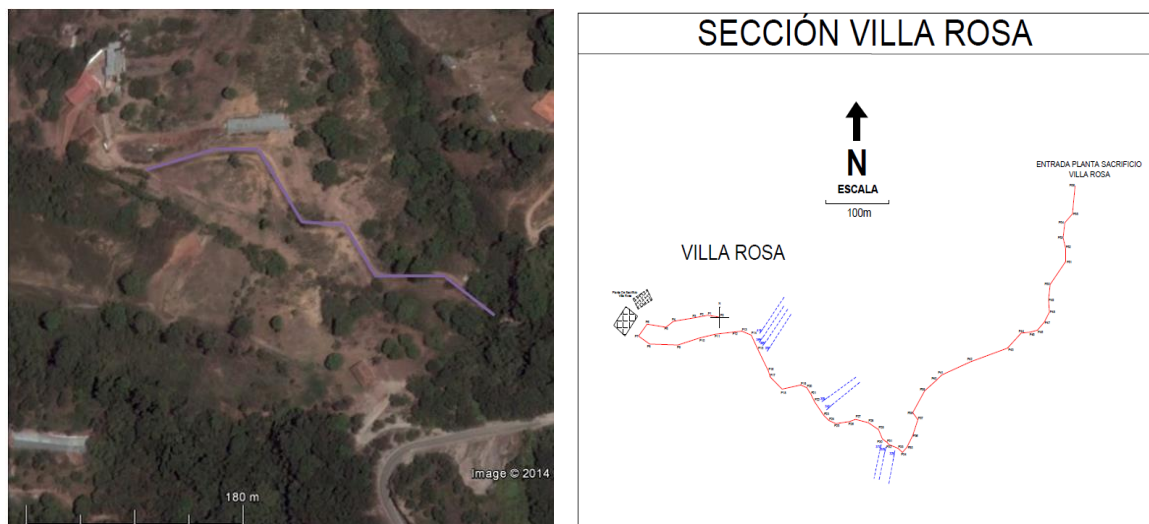


## 7.4 COLUMNA ESTRATIGRÁFICA VILLA ROSA

La sección estratigráfica Villa Rosa de la Formación Jordán, se levantó en la vereda El Volador. Esta sección constituye una sucesión de rocas siliciclásticas y volcanoclásticas que afloran a lo largo del camino que conduce hacia la planta de sacrificio de equinos Villa Rosa, ubicada al margen derecho de la carretera Piedecuesta- Peaje La Punta.

Fueron medidos y descritos 126 m de espesor estratigráfico y tiene como punto inicial X: 1'115.103; Y: 1'259,823 y final X: 1'114,856; Y: 1'259.923.

Figura 50. Localización geográfica (tomada de Google Earth 2014) y poligonal de la sección Villa Rosa elaborada por autores.



### CONJUNTO INFERIOR MEDIO

- *Segmento 1 (0 m a 4.5 m)*

Este segmento presenta un espesor de 4.5 m con capas delgadas de lodolita, capas medianas de limolita, limolita arenosa, arenisca lodosa y capas gruesas de limolita.

Colores rojo muy oscuro (5R 2/6), rojo oscuro (5R 3/4) y rojo claro (5R 6/6).

Hacia la base, alternancia de capas medianas de areniscas lodosas de grano muy fino y color rojo muy oscuro (5R 2/6) y limolita rojo oscuro (5R 3/4). Las areniscas lodosas sin estructura interna definida, y superficie de estratificación difusa. Texturalmente, presenta granos subangulares a subredondeados, pobremente calibrados, contacto entre granos flotantes, y matriz y cemento de 45% y 20% respectivamente. Composicionalmente *arcosas* con cuarzo en 50-55%, feldespato en 35% y líticos en 15-10%(Folk, 1974). Presentan bioturbación.

Las areniscas lodosas infrayacen capas delgadas de lodolita (limo 65%; arcilla 30%; arena 5%) rojo muy oscuro (5R 2/6) y continuando capas medianas de limolita arenosa (limo 80%; arena 20%) rojo claro (5R 6/6) y capas gruesas de limolita (limo 95%; arena 5%) moderadamente marrón (5R 3/4) y con venas de calcita de 0.2 cm y evidencia de estrías de falla. En cuanto a su geometría presentan superficie de estratificación difusa.

Figura 51. Ilustración de base y techo del segmento 1, columna Villa Rosa.



- *Segmento 2 (4.5m a 9.7m)*

El segmento presenta espesor de 5.2 m, capas medianas y gruesas, y superficie de estratificación difusa.

En la base se presenta capas medianas y gruesas de arenisca lodosa conglomeratica (arena 65%; grava 15%, lodo 20%) (Folk, 1974) moderadamente naranja rojizas (10R 6/6). Texturalmente, presentan clastos hasta de 4 mm, subredondeados, pobremente calibrado, contacto longitudinal, y matriz arenolodosa de 32 % y cemento 14%. Composicionalmente promediando Q: 40%, F: 50%, L: 10% siendo *arcosa* (Folk, 1974).

Le continúan, areniscas lodosas de grano medio y fino de color marrón moderadamente rojizo (10R 4/6), con granos subredondeados, contacto puntual y flotante y regular selección. Composicionalmente *arcosas* con porcentaje promedio Q: 44%, F: 43%, L: 14% (Folk, 1974).

En el techo, secuencia de limolita, lodolita conglomeratica (lodo 65%, grava 35%) ambas de color marrón moderadamente rojizo (10R 4/6) y limolita rojo oscuro (5R 3/4). Se evidencian estrías de falla y bioturbación.

Figura 52. Ilustración de base y techo del segmento 2, columna Villa Rosa.



- *Segmento 3 (9.7m a 22.9m)*

Las capas del segmento de 13.2 m, van desde gruesas hasta delgadas. Se presenta una secuencia granodecreciente desde conglomerados hasta arcillolita. En la base del segmento, conglomerados y arenisca lodosa de colores marrón rojizo pálido (10R 5/4) y naranja moderadamente rojizo (10R 6/6) respectivamente.

Los conglomerados presentan clastos de 70mm a 30mm con redondez subangular, pobre selección, contacto flotante, matriz arenolodosa de 40% y cemento silíceo 20%. La arenisca lodosa con granos angulares, pobre selección y contacto longitudinal y puntual entre los granos. Su matriz es lodosa 25% y cemento silíceo 12%. Composicionalmente se clasificó como *arcosa* con Q: 60%, F: 30%, L: 10% (Folk, 1974).

Continuando hacia el techo, limolitas arenosas rojo muy oscuro (5R 2/6) con bioturbación, seguidas de limolitas marrón moderadamente rojizo (10R 4/6) (con fragmentos líticos, y estrías de falla) y arcillolitas rojo oscuro (5R 3/4).

Posterior a estas rocas aflorantes, se observa un segmento cubierto 4.9m constituido por rocas rodadas con tamaños de 1 cm a 3 cm y vegetación.

Figura 53. Ilustración de base y techo del segmento 3, columna Villa Rosa.

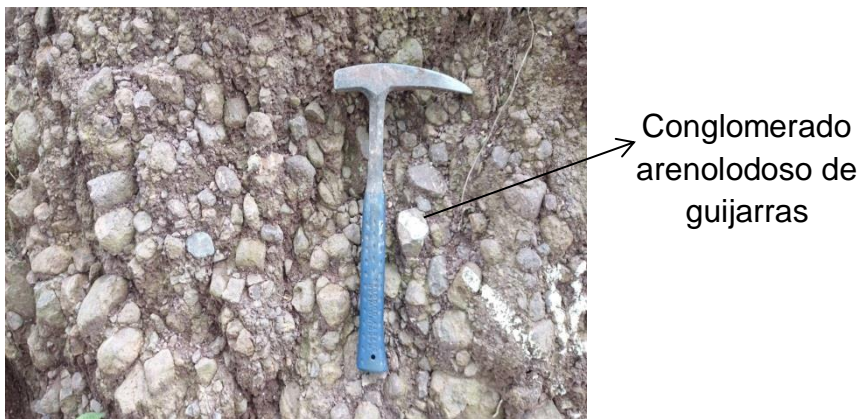


- *Segmento 4 (22.9m a 30.75m)*

Este segmento de 7.85 m, se compone hacia la base de capas delgadas intercaladas de arcillolita y lodolita color rojo oscuro (5R 3/4), seguido de capa muy gruesa de conglomerado arenolodoso (grava 70%, arena 20%, lodo 10%) (Folk, 1974) de color naranja moderadamente rojizo (10R 6/6) y con presencia de estrías de falla; los clastos que los componen son de composición porfirítica provenientes del Granito de Pescadero (*Muestra CJ-VRS4-015*).

El techo está conformado por capas gruesas de lodolita y arcillolita. Las lodolitas en contacto con falla normal y dato del plano: N27°E/63°SE.

Figura 54. Ilustración de parte del segmento 4, columna Villa Rosa.



- *Segmento 5 (30.75m a 36.75m)*

Corresponde hacia la base a capas medianas de lodolita, seguido de capas gruesas de arenisca meteorizada de grano grueso, color rojo oscuro (5R 3/4); texturalmente granos subredondeados, regular calibrado, contacto longitudinal entre granos, matriz lodosa 28% y cemento ferruginoso 10%. Respecto a la composición es *arcosa* con Q: 60%, F: 32%, L: 8% (Folk, 1974).

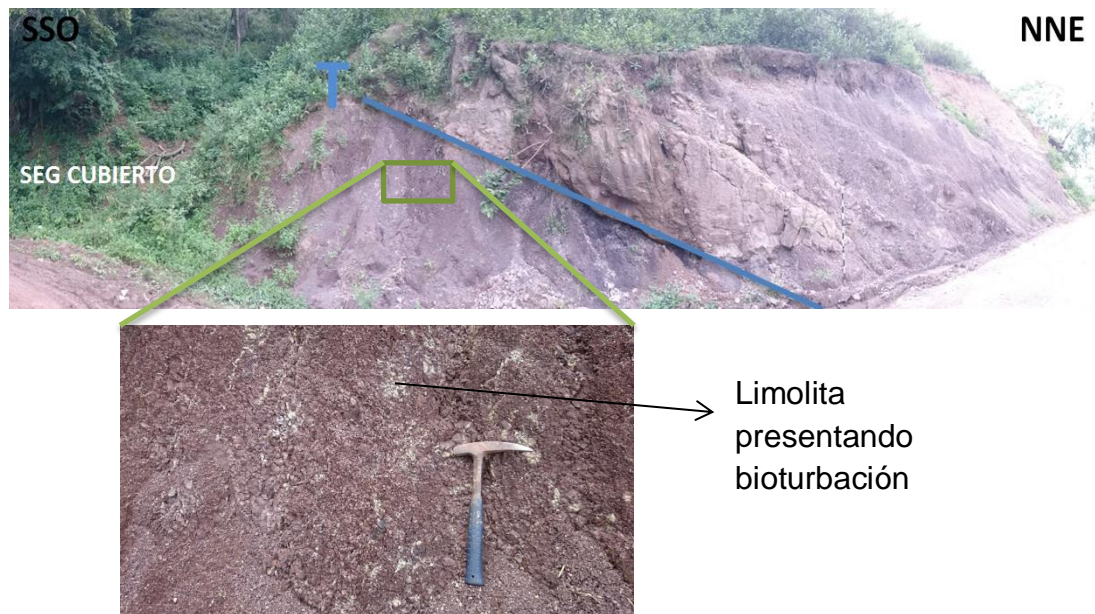
Continuando con intercalación de capas medianas de arcillolitas y lodolitas rojas muy oscuras (5R 3/4) y en el techo conglomerado arenolodoso (grava

70%, arena 20%, lodo 10%) de capas gruesas. Presentan texturalmente, mal calibrado, clastos subredondeados, contacto longitudinal y puntual, y de color naranja moderadamente rojiza (10R 6/6). En este segmento las rocas se encuentran afectadas por bioturbación.

- *Segmento 6 (36.75m a 47.25m)*

El presente segmento tiene 10.5 m, los cuales 4.5m representan un segmento cubierto por depósito de rocas grano fino. Siguiendo sucesión de capas medianas de limolita arenosa (limo 80%, arena 20%) marrón rojizo oscuro (10R 3/4), limolita, y lodolita arenosa (lodo 40%, arcilla 35%, arena 25%) de colores rojo muy oscuro (5R 2/6). Esta sucesión, presenta bioturbación y espejos de falla.

Figura 55. Ilustración de techo del segmento 6, columna Villa Rosa.



- *Segmento 7 (47.25m a 55.5m)*

Segmento con capas medianas de limolita arenosa, lodolita arenosa, limolita y arcillolita y capas gruesas de arenisca conglomeratica.

Hacia la base arenisca de grano fino de geometría tabular y superficie de estratificación neta. Texturalmente, granos angulares, mal calibrado, contacto longitudinal entre granos. La matriz es lodosa con 22%, y el cemento silíceo con 8%. En la composición es una *arcosa lítica* con Q: 60%, F: 30%, L: 10% (Folk, 1974) y presenta bioturbación. Seguidas de arenisca conglomeratica de grano grueso (arena 55%, grava 25%, lodo 20%) de color amarillo grisáceo (5Y 8/4) y de geometría en forma de cuña (*Muestra CJ-VRS7-016*). Correspondiente a su textura, los granos son subredondeados, mal calibrado, contacto longitudinal y puntual entre granos, matriz areno lodosa en 18% y cemento silíceo en 10%. Su porcentaje composicional es de Q:50%, F: 35%, L: 15% y se denomina *arcosa* (Folk, 1974).

Continuando, sucesión de limolita arenosa (limo 70%, arena 30%) color moderadamente rojo (5R 4/6), lodolita arenosa (limo 42%, arcilla 40%, arena 18%) color moderadamente rojo (5R 5/4), limolita rojo muy oscuro (5R 2/6) con fragmentos de arenisca, y en el techo arcillolita roja negruzca (5R 2/2). Esta sucesión presenta algunas zonas de bioturbación, fragmentos líticos y espejos de falla.

Figura 56. Ilustración de base y techo del segmento 7, columna Villa Rosa.



- *Segmento 8 (55.5m a 66m)*

Espesor del segmento es de 10.5 m, y constituye hacia la base tobas de ceniza fina presentando alteración y de color naranja amarillento pálido (10YR 8/6) con matriz muy fina y pseudoestratificación.

Continuando con capas medianas de limolita rojo purpura pálido (5RP 6/2), limolita arenosa rojo grisáceo púrpura (5RP 4/2) y limolita nuevamente moderadamente naranja rosa (10R 7/4) con laminación. La superficie de estratificación es difusa. En el techo, segmento cubierto por depósitos de rocas de areniscas de grano fino.

Figura 57. Ilustración de base y techo del segmento 8, columna Villa Rosa.



- *Segmento 9 (66m a 81m)*

En este segmento que es de 15 m, se encuentran en la base capas delgadas de arcillolita rojo oscuro (5R 3/4), lodolita arenosa (limo 60%, arcilla 20%, arena

20%) (Folk, 1974) color rojo muy oscuro (5R 2/6) y lodolita arenosa meteorizada color naranja amarillento pálido (10YR 8/6). Presentan superficie de estratificación difusa.

En el techo deposito coluvial con grietas de desecación y clastos predominantemente de arenisca de grano medio y gravas hasta de 60mm angulares a subangulares.

Figura 58. Ilustración de base del segmento 9. El techo no se muestra, columna Villa Rosa.



- *Segmento 10 (81m a 87m)*

El segmento está conformado por capas delgadas, medianas y gruesas con geometría plano paralela y de 6m de espesor.

La parte inferior es un grupo de capas gruesas en donde texturalmente varia de arenisca grano medio (*Muestra CJ-VRS10-017*) a arenisca grano grueso, presentando las capas granos de redondez subangular, con buen calibrado, y contacto longitudinal entre los granos. Los colores varían de moderadamente

naranja rosado (5Y 8/4) a naranja muy pálido (10YR 8/2) y composicionalmente corresponden a *subarcosas* y *arcosas líticas* con porcentajes promedio Q: 80%, F: 15%, L: 5% y Q: 65%, F: 20%, L: 15% respectivamente (Folk, 1974).

En la parte superior capas delgadas y medianas las cuales se clasifican texturalmente como areniscas de grano medio, subredondeados, regularmente calibradas, contacto tangencial de granos en promedio, porcentajes de matriz que varían desde 21% hasta 35%, y cemento silíceo desde 9% hasta 12%. Los colores de la roca van de rojo muy oscuro (5R 2/6) a rojo claro (5R 6/6). En cuanto a su composición, presentan porcentajes promedio Q: 45%, F: 30%, L: 35% siendo *arcosas líticas* y Q: 85%, F: 10%, L: 5% *subarcosas* (Folk, 1974).

El techo de este segmento se encuentra en contacto con una falla local de tipo normal, con dato: N90°E/ 65°S.

Figura 59. Ilustración de base y techo del segmento 10, columna Villa Rosa.



- *Segmento 11 (87m a 114m)*

Segmento con capas gruesas y delgadas de 27m de espesor.

En la base capas gruesas de lodolitas arenosas (arcilla 60%, limo 20%, arena 20%) (Folk, 1974) de color rojo muy oscuro (5R 2/6) con fragmentos líticos y lentes de lodolita. Continuando capas medianas de arcillolita color marrón moderadamente rojizo (10R 4/6) y hacia la parte superior rocas volcanoclásticas con pseudoestratificación, minerales altamente alterados y no identificables, con oxidación y alto fracturamiento.

Estas rocas ígneas presentan color naranja moderadamente rojizo (10R 6/6) y naranja amarillento pálido (10YR 8/6) (*Muestra CJ-VRS11-018*). En el techo, medianas capas de roca ígnea volcanoclástica con textura porfírica y ocasionalmente textura piroclástica, correspondiente a una toba lítica (*Muestra CJ-VRS11-019*) (*Muestra CJ-VRS11-021*). Además, se presentan rocas volcanoclásticas tipo ignimbritas con fragmentos piroclásticos alineados, siguiendo una dirección preferencial de flujo (*Muestra CJ-VRS11-020*) de color naranja muy pálido (10YR 8/2).

Figura 60. Ilustración de base y techo del segmento 11, columna Villa Rosa.



- *Segmento 12 (114m a 126m)*

Segmento compuesto por capas delgadas y medianas. De base a techo: limolitas que varían de color rojo oscuro (5R 3/4) a gris amarillento (5Y 7/2), seguidas de lodolita rojo negruzco (5R 2/2) y limolitas arenosas (arena 25%, limo 70%, arcilla 5%) (Folk, 1974) color rojo oscuro (5R 3/4).

Estas capas presentan estrías de falla, fragmentos líticos y nódulos de lodolita.

Figura 61. Ilustración de base y techo del segmento 12, columna Villa Rosa.





## 8. ANÁLISIS DE MUESTRAS EN LÁMINA DELGADA

Para la identificación detallada y certera de algunas muestras de roca, los minerales que la componen y sus características de origen, se dispuso a realizar cuatro secciones delgadas y así analizar sus resultados a través de microscopía óptica. Las láminas delgadas elaboradas fueron de las rocas que macroscópicamente era difícil el reconocimiento de su composición en campo. El análisis se realizó utilizando microscopios Nikon Eclipse E200 (objetivo 5x), tomando fotografías presentadas a continuación.

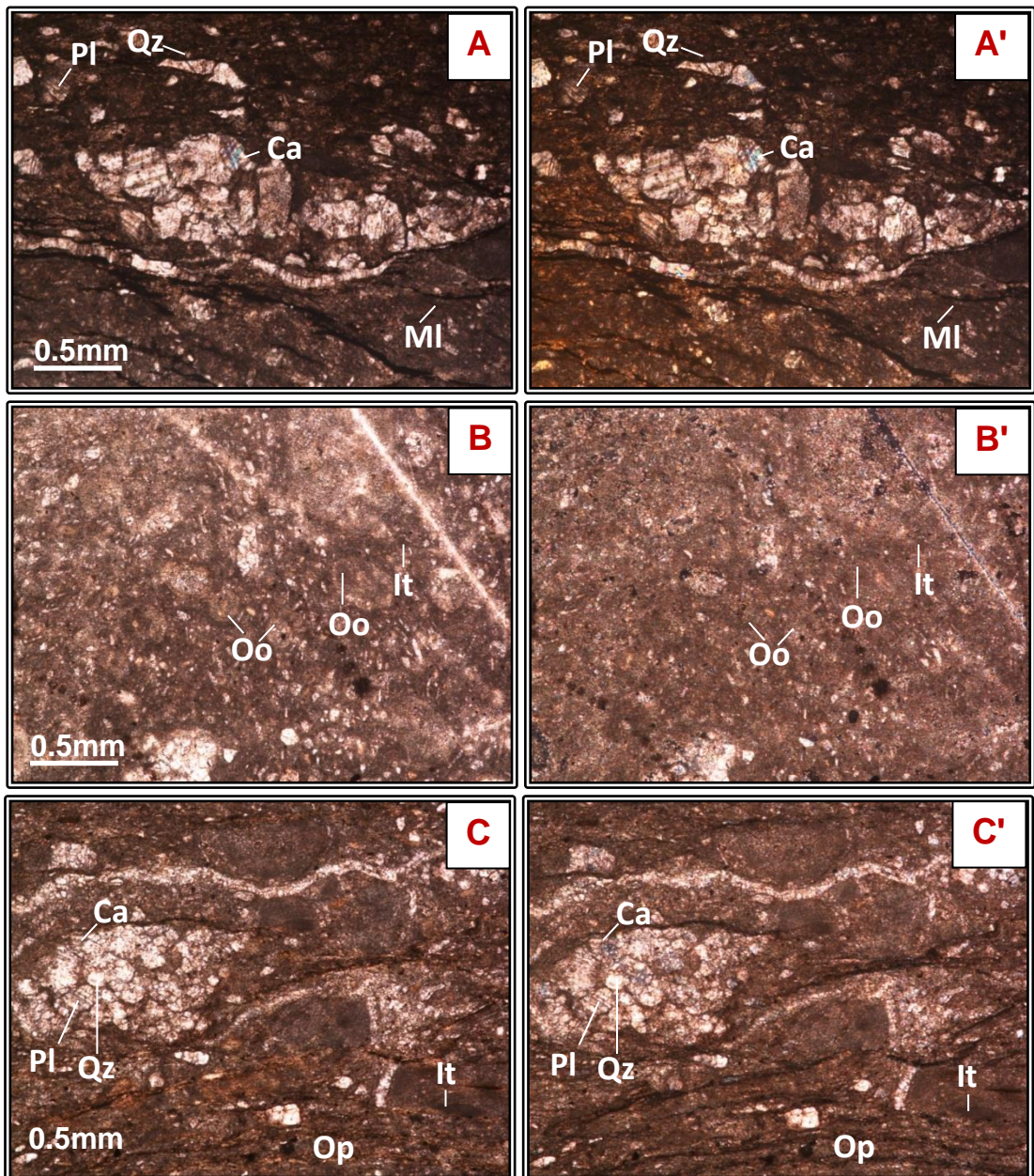
Tabla 2. Datos de análisis de microscopía correspondiente a muestras de la Formación Jordán.

COD MUESTRA	TEXTURA	ARMAZON (%)									MATRIZ	CEMENTO %	OBSERVACIONES	NOMBRE DE LA MUESTRA
		Qz %	Pl %	Ca %	Lt %	Minerales accesorios								
						Alo %	Bt %	Op %	Hb %	Opx %				
CJ-BBS3-07	Clástica	18	22	25	-	8	-	1	-	-	Lodosa (20%)	Micrítico (6%)	Se presentan venas de calcita	<b>Limolita calcárea</b>
CJ-VLS9-012	Clástica	13	15	16	22	-	11	-	2	3	Arcillosa (14%)	Ferruginoso (4%)	Se presenta alto % de venas de calcita y óxidos de Fe	<b>Limolita</b>
CJ-VRS11-019	Porfírica	14	12	18	15	-	16	-	-	-	Ceniza (25%)	-	Fragmentos de vidrio elongados	<b>Toba lítica</b>
CJ-VRS11-020	De Flujo	Cristoclastos %			Litoclastos %					Eutaxítica (28%)	-	Se presenta venas de cuarzo	<b>Ignimbrita</b>	
		34			38									

*Muestra CJ-BBS3-07. Sección Blanquiscal Bajo. Segmento 3. Limolita calcárea.*

Presenta una fábrica lodosoportada, con tamaño de grano limo y buena selección. Ortoquímicos compuestos por micrita principalmente (6%) y entre los aloquímicos (8%) principalmente oolitos (Oo) e intraclastos (It). Matriz lodosa (MI)(20%), material terrígeno es el principal constituyente, cuarzo (Qz)(18%), plagioclasa (Pl)(22%), y calcita (Ca)(25%). Minerales opacos (Op)(1%).

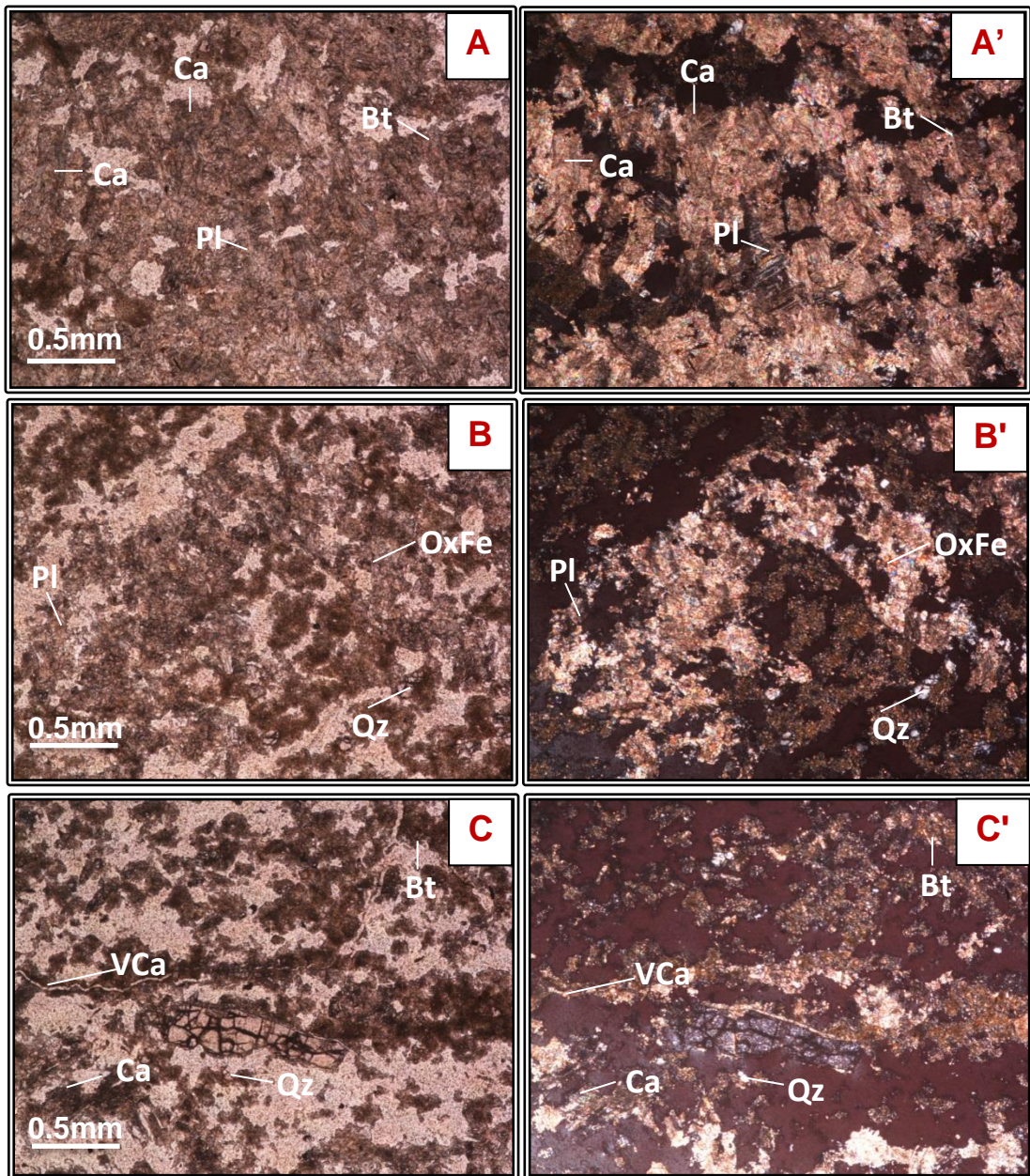
Figura 63. Fotografías sección delgada de limolita calcárea mostradas en nícoles paralelos (A-B-C) y nícoles cruzados (A'-B'-C').



*Muestra CJ-VLS9-012. Sección El volador. Segmento 9. Limolita.*

Matriz arcillosa (14%), cemento ferruginoso (4%). Minerales de calcita (Ca) (16%), plagioclasa (Pl)(15%), biotita (Bt)(11%), cuarzo (Qz)(13%). En algunas zonas se afectan por óxido de hierro (OxFe). También se presentan minerales líticos (22%) como anfíboles (Hb) y piroxenos (Opx), y venas de calcita (VCa).

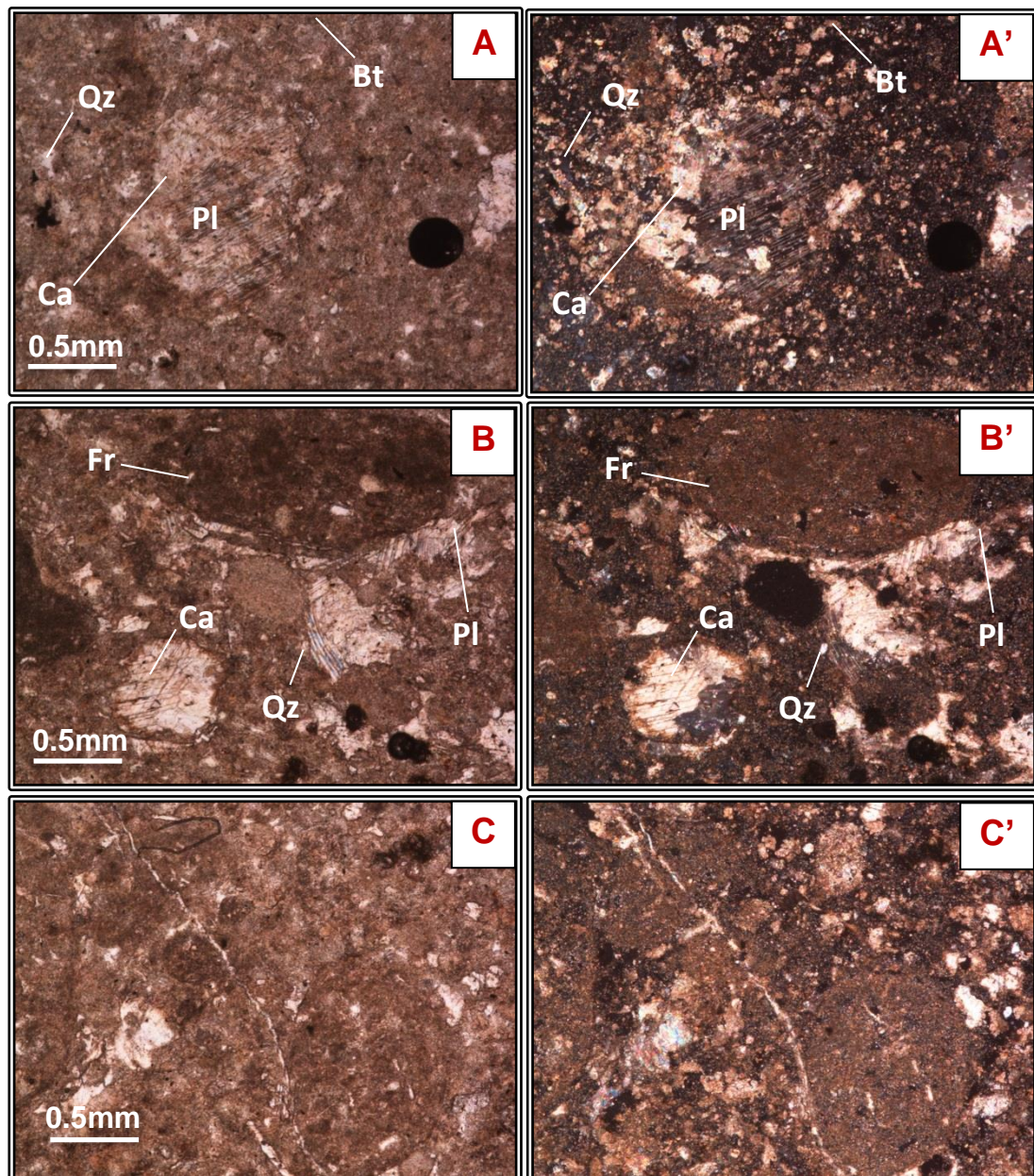
Figura 64. Fotografías sección delgada de limolita mostradas en nícoles paralelos (A-B-C) y nícoles cruzados (A'-B'-C').



*Muestra CJ-VRS11-019. Sección Villa Rosa. Segmento 11. Toba Lítica.*

Textura porfírica con fenocristales (hasta de 0.5 mm) de cuarzo (Qz)(14%), plagioclasa (Pl)(12%), biotita (Bt)(16%) y calcita (Ca)(18%); y ocasionalmente texturas piroclástica. Matriz (25%) que varía de vítrea desvitrificada, vítrea silicificada y de ceniza. Los fragmentos de rocas (Fr)(15%) son angulares a subredondeados y Los fragmentos irregulares de vidrio recristalizado exhiben elongación y alteración. Se evidencian venas de calcita (VCa).

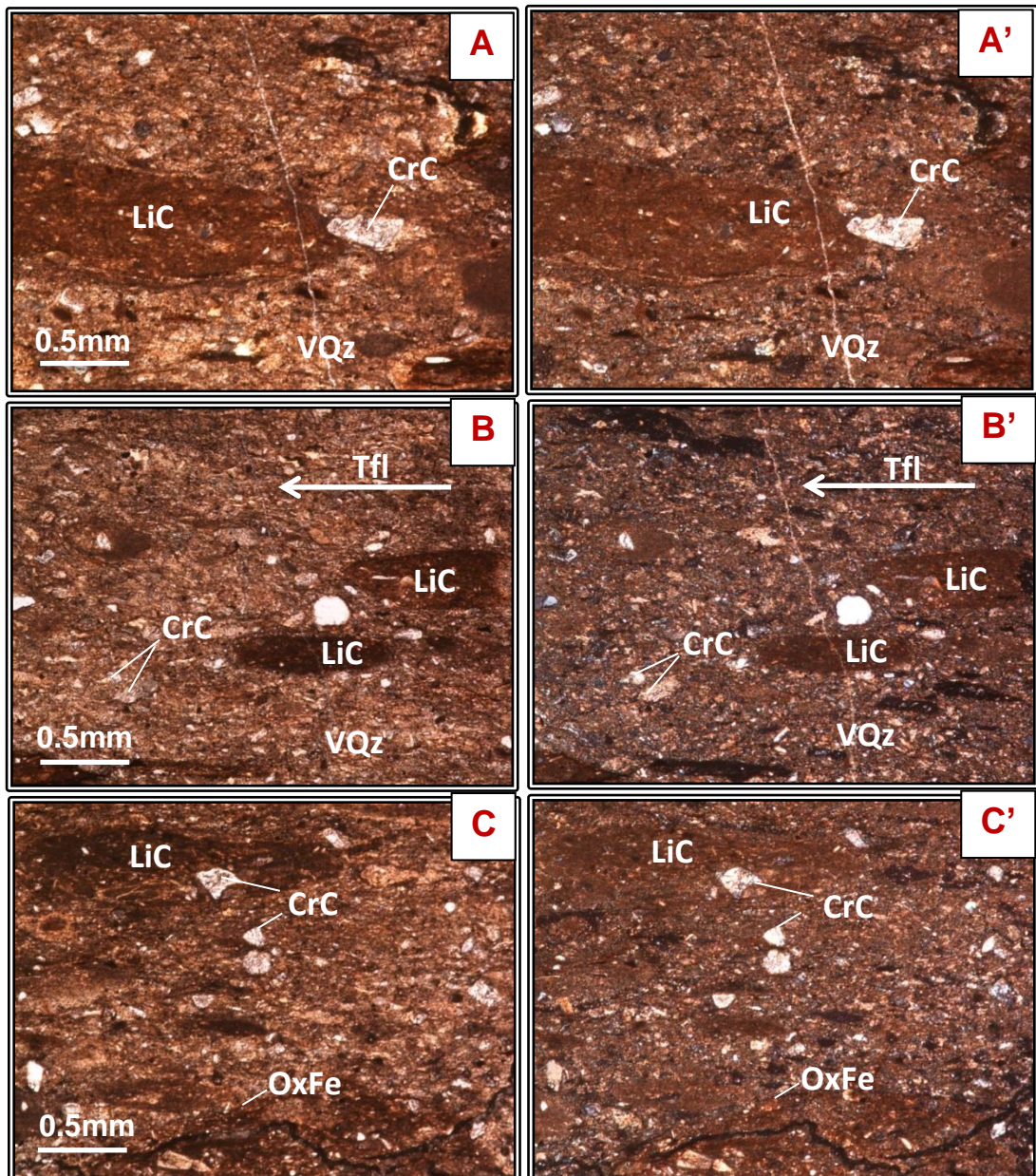
Figura 65. Fotografías sección delgada de toba lítica mostradas en nícoles paralelos (A-B-C) y nícoles cruzados (A'-B'-C').



*Muestra CJ-VRS11-020. Sección Villa Rosa. Segmento 11. Ignimbrita.*

Textura eutaxítica, indica flujo (Tfl) del conjunto cristaloclastos y matriz como respuesta a la presión de carga e inclinación del substrato. Matriz eutaxítica (28%). Cristaloclastos (CrC)(34%)(Fl,Qz,Bt) subhedrales a anhedrales de cristales. Los Litoclastos (Lic)( 38%) subredondeados, formados por cristales y vidrio; los más pequeños, de 0,5 mm, subesféricos, de superficie irregular y suelen contener pequeños cristales anhedrales de feldespato, cuarzo y/o biotita. Presenta venas de cuarzo (VQz).

Figura 66. Fotografías sección delgada de ignimbrita mostradas en nícoles paralelos (A-B-C) y nícoles cruzados (A'-B'-C').



## 9. FACIES

De acuerdo al conjunto de características litológicas (composición mineral, estructuras sedimentarias, geometría, bioturbación, etc.) presentadas en cada sección, se describen a continuación las facies para denominar las características genéticas que reinaron durante el depósito de los materiales.

Después de realizado el levantamiento de las columnas estratigráficas se identificaron para la Formación Los Santos 1 litofacies de unidad Lodosa, 1 litofacies de unidades arenosas y 2 litofacies de unidades conglomeráticas; para la Formación Girón 1 litofacies de unidades conglomeráticas; para la Formación Jordán se definieron 24 litofacies de granulometría sedimentaria fina (arcillolitas, lodolitas y limolitas), 21 litofacies de unidades arenosas, 5 litofacies de unidades conglomeráticas, 1 litofacies de unidades calcáreas y 4 litofacies de unidades volcanoclásticas; y para la formación Silgará se identificaron 2 litofacies de unidades metamórficas.

### 9.1 FACIES DE LA FORMACIÓN LOS SANTOS

- Facies Lodosas

Lia: Limolita arenosa

- Facies Arenosas

Almf: Arenisca lodosa de grano muy fino

- Facies Conglomeráticas

CAIG: Conglomerado arenolodoso de guijas

CAIG-Gn: Conglomerado arenolodoso de guijas con gradación normal

### 9.2 FACIES DE LA FORMACIÓN GIRÓN

- Facies Conglomeráticas

CAGg-GnCa: Conglomerado arenolodoso con variación de guijas a gránulos con gradación normal y clastos angulares

### 9.3 FACIES DE LA FORMACIÓN JORDÁN

- Facies Lodosas

Ar: Arcillolita

Ar-B: Arcillolita con bioturbación

Ar-Lp: Arcillolita con laminación planoparalela

Ara: Arcillolita arenosa

Ara-Gi: Arcillolita arenosa con gradación inversa

Lo: Lodolita

Lo-BN: Lodolita con bioturbación y nódulos

Loa: Lodolita arenosa

Loa-B: Lodolita arenosa con bioturbación

Loc: Lodolita conglomeratica

Loc-B: Lodolita conglomeratica con bioturbación

Li: Limolita

LiC: Limolita calcárea

Li-B: Limolita con bioturbación

Li-V: Limolita con venas de calcita

Li-N: Limolita con nódulos

Li-VB: Limolita con venas de calcita y bioturbación

Li-VN: Limolita con venas de calcita y nódulos

Lia: Limolita arenosa

Lia-Gd: Limolita arenosa con grietas de desecación

Lia-Lp: Limolita arenosa con laminación planoparalela

Lia-B: Limolita arenosa con bioturbación

Lia-Gn: Limolita arenosa con gradación normal

Lia-N: Limolita arenosa con nódulos

- Facies Arenosas

Almf: Arenisca lodosa de grano muy fino

Almf-B: Arenisca lodosa de grano muy fino con bioturbación

Amf: Arenisca de grano muy fino

Amf-Lp: Arenisca de grano muy fino con laminación planoparalela

Amf-V: Arenisca de grano muy fino con venas de calcita  
Alf: Arenisca lodosa de grano fino  
Alf-B: Arenisca lodosa de grano fino con bioturbación  
Af-B: Arenisca de grano fino con bioturbación  
Af-Gi: Arenisca de grano fino con gradación inversa  
Af-V: Arenisca de grano fino con venas de calcita  
Alm: Arenisca lodosa de grano medio  
Alm-B: Arenisca lodosa de grano medio con bioturbación  
Am-LpB: Arenisca de grano medio con laminación planoparalela y bioturbación  
Am-LpV: Arenisca de grano medio con laminación planoparalela y venas de calcita  
Ag: Arenisca de grano grueso  
Alg: Arenisca lodosa de grano grueso  
Ag-B: Arenisca de grano grueso con bioturbación  
Ag-Lp: Arenisca de grano grueso con laminación planoparalela  
Algco: Arenisca lodosa conglomeratica de grano grueso  
Amg: Arenisca de grano muy grueso  
Amgco-Cu: Arenisca conglomeratica de grano muy grueso, cuneiforme

- Facies Conglomeráticas

CG: Conglomerado de guijas  
CAIG: Conglomerado arenolodoso de guijas  
CAGr: Conglomerado arenoso de guijarras  
CGrG: Conglomerado de guijarras a guijas  
CAIG-Gn: Conglomerado arenolodoso de guijas con Gradación normal

- Facies Calcáreas

Lic: Limolita calcárea

- Facies Volcanoclásticas

Tfcf: Toba volcánica de ceniza fina

Tfcg: Toba volcánica de ceniza gruesa

Tfl: Toba Lítica

Ig: Ignimbrita

#### **9.4 FACIES DE LA FORMACIÓN SILGARÁ**

- *Facies Metamórficas*

Filc: Filita cuarcítica

MeAr: Metarenisca

Tabla 3. Facies relacionadas con las columnas estratigráficas levantadas.

<b>FACIES</b>	Blanquiscal Alto	Blanquiscal Bajo	El Volador	Villa Rosa
Ar	●	■		◆
Ar-B	●			◆
Ar-Lp	●			
Ara	●	■		
Ara-Gi		■		
Lo	●	■		◆
Lo-BN				◆
Loa		■		◆
Loa-B			▲	◆
Loc		■	▲	◆
Loc-B			▲	
Li	●	■	▲	◆
Li-B		■	▲	◆
Li-V		■	▲	◆
Li-N			▲	◆
Li-VB	●			
Li-VN			▲	
Lia	●	■	▲	◆
Lia-Gd		■		
Lia-Lp				◆
Lia-B			▲	◆
Lia-Gn			▲	
Lia-N				◆
Lic		■		
Almf				◆
Almf-B				◆
Amf	●			
Amf-Lp	●		▲	
Amf-V			▲	
Alf				◆
Af-B				◆
Af-Gi	●			
Af-V	●			
Alm	●			◆

FACIES	FACIES			
	Blanquiscal Alto	Blanquiscal Bajo	El Volador	Villa Rosa
Am-LpB			▲	
Am-LpV	●			
Ag			▲	
Alg				◆
Ag-B				◆
Ag-Lp				◆
Algco				◆
Amg			▲	
Am-Lp				◆
Amgco-Cu				◆
CAGg-GnCa	●			
CG			▲	◆
CAIG	●		▲	
CAIG-Gn	●			
CAGr			▲	◆
CGrG				◆
Tfcf				◆
Tfcg		■		
Tfl				◆
Ig				◆
Filc		■		
MeAr			▲	

## **10. ASOCIACIÓN DE FACIES Y AMBIENTES DE DEPOSITACIÓN**

La reconstrucción de la historia de depositación sedimentaria a lo largo del tiempo geológico se apoya en el estudio de los cambios de facies y el establecimiento de sus asociaciones como herramienta fundamental. La descripción de las asociaciones faciales se define y delimita a través de contactos entre capas, en términos texturales secuencias granodecrecientes-positivas y granocrecientes-negativas, y dependiendo también de la asociación de estratos (estratoecrecientes y estratodecrecientes).

De acuerdo con la granulometría, morfología, agentes de transporte, fuentes de los materiales y todo el análisis sedimentológico y estratigráfico, se permite identificar principalmente ambientes continentales fluviales (depósitos de ríos meandriformes, ríos trenzados y abanicos aluviales), ambientes lacustres y ambientes volcánicos.

A continuación se presentan las asociaciones faciales y ambientes de depositación definidos para cada formación geológica presente en las diferentes columnas estratigráficas levantadas en la zona de estudio.

### **10.1 ASOCIACIÓN DE FACIES DE LA COLUMNA BLANQUISCAL ALTO**

#### **FORMACIÓN JORDÁN**

- **ASOCIACIÓN DE FACIES 1 (Ara; Alm-B; Alf-B)**

Esta asociación muestra una secuencia de segundo orden granocreciente (negativa según Lombard, 1956) conformado en la base por facies de arcillolita arenosa (Ara) y arenisca lodosa de grano medio bioturbada con pobre calibrado (Alm-B). Hacia el techo nuevamente secuencia facies de arcillolita arenosa (Ara) y arenisca lodosa de grano fino bioturbada (Alf-B) con buen

calibrado. Las areniscas presentan granos angulares a subangulares y composicionalmente corresponden a arcosas. *Ambiente: Depósitos de llanura de inundación asociado a río meandriforme. Interpretado por pequeñas secuencias granocrecientes e intercalaciones de areniscas lodosas bioturbadas con arcillolita arenosa, indicando que se forma cuando la orilla de un meandro es quebrada dando paso al flujo superior con sedimento en suspensión y posteriormente al sedimento arenoso.*

- **ASOCIACIÓN DE FACIES 2 (Lia; Ara)**

En esta asociación se evidencia una secuencia de tercer orden granocreciente (negativa según Lombard, 1956) constituida por facies con geometría tabular de limolita arenosa (Lia) y arcillolita arenosa (Ara). Capas medianas. *Ambiente: Depósitos de ambiente lacustre. Se caracteriza por presentar amplias zonas deprimidas favorables para la acumulación de grandes espesores de sedimentos finos. (Arche, 2010).*

- **ASOCIACIÓN DE FACIES 3 (Li; Ar)**

Secuencia de primer orden granodecreciente (positiva según Lombard, 1956) de facies de limolita (Li) y arcillolita (Ar). *Ambiente: Depósitos de ambiente lacustre. Caracterizado por la acumulación de grandes espesores de sedimentos con granulometría fina. (Arche, 2010).*

- **ASOCIACIÓN DE FACIES 4 (Li; Lia;Lo; Ar)**

Esta asociación corresponde a una secuencia de tercer orden granocreciente (negativa según Lombard, 1956) de facies de limolita (Li), limolita arenosa (Lia), lodolita (Lo) y arcillolita (Ar). Las capas de geometría tabular y medianas. *Ambiente: Depósitos de ambiente lacustre. Interpretada a través de su gran acumulación de sedimentos de granulometría fina como limolitas y arcillas típico de este ambiente de régimen bajo.(Arche, 2010)*

- **ASOCIACIÓN DE FACIES 5 (Ar)**

La asociación se conforma por una secuencia granocreciente de facies de arcillolita (Ar) en la base y hacia el techo se presenta un segmento cubierto por vegetación por lo que no es posible la identificación de la facies. *Ambiente: Depósitos de ambiente lacustre. Caracterizado por la acumulación de grandes espesores de sedimentos con granulometría fina. (Arche, 2010).*

- **ASOCIACIÓN DE FACIES 6 (Li; Alm)**

Secuencia de cuarto orden granocreciente (negativa según Lombard, 1956) de facies de limolita (Li) y arenisca lodosa de grano medio (Alm). Los granos de arenisca son subredondeados, con regular calibrado y matriz lodosa. Composicionalmente las areniscas corresponden a arcosas líticas (Q: 25%; F: 45%; L: 30%). *Ambiente: Depósitos de rompimiento de dique. Caracterizado por el depósito repetido y cíclico de arena y limo como consecuencia de sucesivos desbordamientos.*

- **ASOCIACIÓN DE FACIES 7 (Li; Ar;Ar-Lp; Li-VB)**

Esta asociación se encuentra conformada por una secuencia de cuarto orden granocreciente (negativa según Lombard, 1956) de facies de arcillolita (Ar), y limolita (Li). Hacia el techo, facies de arcillolita con laminación planoparalela (Ar-Lp) y limolita con venas de calcita y bioturbación (Li-VB). Presentan alto fracturamiento, y las venas de calcita hasta de 0.2 cm de espesor. *Ambiente: Depósitos de llanura de inundación interpretado por la depositación de material fino y con estructura planoparalela típica de este ambiente.*

- **ASOCIACIÓN DE FACIES 8 (Am-LpV; Af-V; Amf)**

En esta asociación se presenta una secuencia de segundo orden granodecreciente (positiva según Lombard, 1956) con facies de arenisca de

grano medio con laminación planoparalela y venas de calcita hasta de 0.2 cm de espesor (Am-LpV), arenisca de grano fino y venas de calcita (Af-V), y arenisca de grano muy fino (Amf). Los granos son en su mayoría angulares, y presentan geometría tabular. Ambiente: Depósitos de lóbulo de derrame. Se muestra facies donde se puede depositar arena con laminación horizontal de régimen de flujo alto. *Ambiente: Deposito de canal abandonado.*

- **ASOCIACIÓN DE FACIES 9 (Lia)**

Esta asociación facial constituye a una secuencia homogénea (no se presenta variación en el tamaño de grano de la roca), en donde se puede observar facies de limolita arenosa dispuesta en capas medianas. *Ambiente: Deposito de relleno de canal abandonado asociado a ríos meandriformes. Se produce cuando el canal se vuelve totalmente inactivo y se rellena por paquetes lutíticos de sedimento (Marren et al, 2006).*

- **ASOCIACIÓN DE FACIES 10 (Amf; Li; Ar-B)**

Secuencia de primer orden granodecreciente (positiva según Lombard, 1956) de facies de arenisca de grano muy fino (Amf), limolita (Li) y arcillolita con bioturbación (Ar-B). Las areniscas presentan granos subredondeados, buen calibrado y geometría tabular. Composicionalmente corresponden a arcosas. *Ambiente: Zona Paludal asociado a pantanos y caracterizado por la depositación de sedimentos de granulometría fina y muy fina, de estructura laminar y con presencia de bioturbación.*

- **ASOCIACIÓN DE FACIES 11 (Af-Gi; Amf-Lp; Li)**

Compuesta por secuencia de sexto orden granodecreciente (positiva según Lombard, 1956) de facies de arenisca de grano fino con gradación inversa (Af-Gi), arenisca con laminación planoparalela (Amf-Lp) y limolita (Li). Las areniscas presentan granos subredondeados, buen calibrado, geometría

tabular y con gradación normal. Composicionalmente corresponden a arcosas.  
*Ambiente: Zona Paludal asociado a pantanos.*

## **FORMACIÓN GIRÓN**

- **ASOCIACIÓN DE FACIES 12 (CAGg-GnCa)**

Compuesta por una secuencia granodecreciente de facies de conglomerados arenolodoso de guijas con gradación normal y clastos angulares (CAGg-GnCa) de la Formación Girón, con tamaños de granos que varían de base a techo desde 64mm a 4mm. Los granos de los conglomerados son angulares y se encuentran mal calibrados en contactos flotantes. *Ambiente: Deposito de abanico aluvial (proximal). Interpretado por la forma angular y subangular de sus clastos, escasa estructura sedimentaria, mal calibrado y espesor de capas grueso (Scholle, 1982).*

## **FORMACIÓN LOS SANTOS**

- **ASOCIACIÓN DE FACIES 13 (Almf; CAIG; CAIG-Gn)**

Esta asociación muestra una secuencia granocreciente-negativa de facies de arenisca lodosa de grano muy fino de granos redondeados y buen calibrado (Almf), facies de conglomerado arenolodoso de guijas (CAIG) y facies de conglomerado arenolodoso de guijas con gradación normal (CAIG-Gn). Los granos de los conglomerados son subangulares y se encuentran mal calibrados. *Ambiente: Deposito de fondo de canal (cannel floor lag deposit) dejados por un sistema de alta sinuosidad como un rio meandriforme (Miall, 2006).*

Figura 67. Columna Asociación de Facies e Interpretación de Ambientes Sección Blanquiscal Alto.

## ASOCIACIÓN DE FACIES COLUMNA BLANQUISCAL ALTO

FORMACIÓN	SEGMENTO	MEDIDAS DE LA ESCALA (m)	ESPOSOR SEGMENTO (m)	LITOLÓGIA										ESTRUCTURA INTERNA	NOMBRE DE LAS FACIES	CÓDIGO DE FACIES	N° ASOCIACIÓN FACIAL	ASOCIACIÓN DE FACIES (SECUENCIA DE FACIES)	INTERPRETACIÓN DE AMBIENTE									
				GRANULOMETRÍA																								
				ARENA					GRAVA																			
				Md	Wk	Pk	Gr	mm	g	mg	2	4	8							16	32	64						
FORMACIÓN LOS SANTOS	S8	48	3.37														○○○○	Conglomerado Areno lodoso de Guijas con Gradación Normal Conglomerado Areno lodoso de Guijas Arenisca Lodosa de grano muy fino	CAIG-Gn CAIG	13	▼	Depósito fondo de canal						
																							○○○○	Conglomerado Areno lodoso con variación de guijas a gránulos con gradación normal y clastos angulares Conglomerado Areno lodoso con variación de guijas a gránulos con gradación normal y clastos angulares	CAGg-GnCa CAGg-GnCa	12	▲	Depósito de abanico aluvial
FORMACIÓN JORDÁN	S6	42	12														≡	Arenisca de grano muy fino con Laminación Plano-Paralela Limolita Arenisca de grano fino con Gradación Inversa Arenisca de grano fino con Gradación Inversa Limolita Arenisca de grano fino con Gradación Inversa	Amf-Lp Li Af-Gi Af-Gi Li Af-Gi	11	▲	Depósito de canal abandonado.						
																							J	Arcillolita con Bioturbación Limolita Arenisca de grano muy fino	Ar-B Li Amf	10	▲	Depósitos de canal abandonado.
																							J	Arenisca de grano muy fino Arenisca de grano fino con Venas de Calcita Arenisca de grano muy fino	Amf Af-V Amf	8	▲	Depósitos de canal abandonado
																							J	Limolita con Venas de Calcita y Bioturbación Arcillolita con Laminación Plano-Paralela Limolita Arcillolita Limolita Arcillolita	Li-VB Ar-Lp Li Ar Li	6	▼	Depósitos de llanura deltaica.
																							J	Arcillolita Limolita Arcillolita	Ar Li Ar	4	▼	Depósitos de Ambiente Lacustre.
																							J	Limolita Arenosa Arcillolita Arenosa Limolita Arenosa Arcillolita Arenosa Limolita Arenosa	Lia Ara Lia Ara Lia	2	▼	Depósitos de Ambiente Lacustre.
													J	Arenisca Lodosa de grano fino con bioturbación Arcillolita Arenosa Arenisca Lodosa de grano medio con bioturbación Arcillolita Arenosa	Alf-B Ara Alm-B Ara	1	▼	Depósitos de llanura de inundación.										

## 10.2 ASOCIACIÓN DE FACIES DE LA COLUMNA BLANQUISCAL BAJO

### FORMACIÓN SILGARÁ

- **ASOCIACIÓN DE FACIES 1 (Filc)**

Asociación facial caracterizada por rocas metamórficas de protolito sedimentario de la Formación Silgará. Se presentan facies de filita cuarcítica (Filc) con clara foliación en dirección N3°E. Presenta alto porcentaje en minerales de cuarzo, además de filosilicatos y algunos minerales opacos y secundarios. *Ambiente: Metamorfismo regional de bajo grado. Caracterizado por una la deformación del protolito presentándose foliación.*(Tarbuck et al, 1999).

### FORMACIÓN JORDÁN

- **ASOCIACIÓN DE FACIES 2 (Lia; Ar)**

Para esta asociación facial se muestra una secuencia de primer orden granodecreciente (positiva según Lombard, 1956) de facies de limolita arenosa (Lia) y arcillolita (Ar). Esta secuencia presenta una variación de tamaño de grano limo a arcilla, indicando un cambio energético en la depositación de estos sedimentos.

Las limolitas arenosas presentan granos de arena subredondeados y también evidencias de fallamiento (espejos). *Ambiente: Deposito de lagos efímeros asociados a canales fluviales meandriformes.*

- **ASOCIACIÓN DE FACIES 3 (Li)**

Esta asociación facial corresponde a una secuencia homogénea (no se observa variación en el tamaño de grano ni en litología) de limolita (Li) con geometría tabular. *Ambiente: Deposito de lagos efímeros asociados a canales fluviales meandriformes.*

- **ASOCIACIÓN DE FACIES 4 (Li; LiC; Li-V)**

Secuencia homogénea de facies de limolita (Li), limolita calcárea (LiC) y limolita con presencia de venas de calcita (Li-V). Las venas de calcita presentan en promedio espesor de 0,1 cm. Se presenta oxidación y se encuentran bien consolidadas. *Ambiente: Deposito de lagos efímeros asociados a canales fluviales meandriformes. En estos lagos se puede generar roca calcárea con fauna debido a la precipitación de micrita en una masa de agua dulce con escasa energía mecánica (Marren et al, 2006; Pla et al, 2009).*

- **ASOCIACIÓN DE FACIES 5 (Tfcg)**

Esta asociación está compuesta por facies de rocas volcánicas altamente meteorizadas. La facies corresponde a toba volcánica de ceniza gruesa (Tfcg), en donde debido a su alteración, los cristales son difícilmente reconocibles. Sin embargo los tamaños de estos cristales se encuentran entre 0.5cm a 1.5cm. *Ambiente: Erupciones volcánicas asociados a caídas de ceniza. Caracterizado por coladas piroclásticas. Este material es expulsado por una chimenea volcánica y asciende por la atmosfera para después caer en forma de lluvia y depositarse finalmente. (Einsele, 1992)*

- **ASOCIACIÓN DE FACIES 6 (Loc; Li)**

Esta asociación facial corresponde a una secuencia de primer orden granocreciente (negativa según Lombard, 1956) de facies de lodolita conglomeratica (Loc) y limolita (Li). La lodolita conglomeratica se encuentra altamente meteorizada, presenta granos subredondeados y se encuentra afectada tectónicamente debido a la presencia de espejos de falla. *Ambiente: Asociados a sistemas de depositación lacustre. Interpretada a través de su gran acumulación de sedimentos de granulometría fina como limolitas y arcillas, típico de este ambiente de régimen bajo. (Arche, 2010).*

- **ASOCIACIÓN DE FACIES 7 (Tf<sub>cg</sub>)**

Asociación facial de secuencia homogénea compuesta nuevamente por facies de roca volcánica alterada. La facies se constituye de toba volcánica de ceniza gruesa (Tf<sub>cg</sub>) y debido a su meteorización presenta colores anaranjados. Se puede observar claramente una pseudoestratificación en las capas. *Ambiente: Erupciones volcánicas asociado a caídas de ceniza, caracterizado por coladas piroclásticas.*

- **ASOCIACIÓN DE FACIES 8 (Li; Loc)**

Se observa una secuencia de primer orden granodecreciente (positiva según Lombard, 1956) de facies de limolita (Li) y limolita conglomeratica (Loc). En esta secuencia se presenta una pequeña variación de tamaño de grano desde tamaños limo hasta tamaños lodo, indicando una variación y pérdida de energía en la depositación de los sedimentos. *Ambiente: Asociados a sistemas de depositación lacustre. Caracterizado por la acumulación de grandes espesores de sedimentos con granulometría fina. (Arche, 2010).*

- **ASOCIACIÓN DE FACIES 9 (Ar; Li)**

Secuencia de sexto orden granocreciente (negativa según Lombard, 1956) de facies de arcillolita (Ar) y limolita (Li). Texturalmente, se presentan en capas gruesas y se evidencia la presencia de espejos de falla, producto de actividad tectónica. Tienen geometría tabular y dato estructural N16°W/37°SW. *Ambiente: Asociados a sistemas de depositación lacustre. Caracterizado por un régimen de baja energía, depositando material muy fino.*

- **ASOCIACIÓN DE FACIES 10 (Ara)**

La asociación conforma una secuencia granocreciente de facies de arcillolita arenosa (Ara) en la base y hacia el techo se presenta un segmento cubierto impidiendo la identificación de la facies. *Ambiente: Sistemas de depositación lacustre.*

- **ASOCIACIÓN DE FACIES 11 (Li; Lo)**

Para esta asociación facial se muestra una secuencia de primer orden granodecreciente (positiva según Lombard, 1956) pasando desde tamaños limos hasta tamaños lodos.

Las facies son de limolita (Li) y lodolita (Lo). Limolita se presentan en capas medianas mientras que la lodolita en capas gruesas y ambas de geometría tabular. La disminución en el tamaño de grano en esta secuencia, nos representa una pequeña pérdida en la depositación del sedimento. *Ambiente: Sistemas de depositación lacustre.*

- **ASOCIACIÓN DE FACIES 12 (Li-B; Lia; Lia-Gd)**

Secuencia de segundo orden granocreciente (negativa según Lombard, 1956) de facies de limolita presentando bioturbación (Li-B) (producto de actividad orgánica), limolita arenosa (Lia) y limolita arenosa con grietas de desecación (Lia-Gd). En esta secuencia se observa un pequeño aumento en la energía de la depositación, pasando por limolita propiamente a limolita arenosa con

porcentaje de granos de arena >35%. Posteriormente fueron afectadas tectónicamente producto de fallamiento y dejando como evidencia estrías de falla notorias en la roca. La geometría de estas rocas es tabular y su coloración es igual, siendo rojas oscuras (5R 3/4). *Ambiente: Sistemas de depositación lacustre, los cuales se encuentran caracterizados por la presencia de bioturbación.*

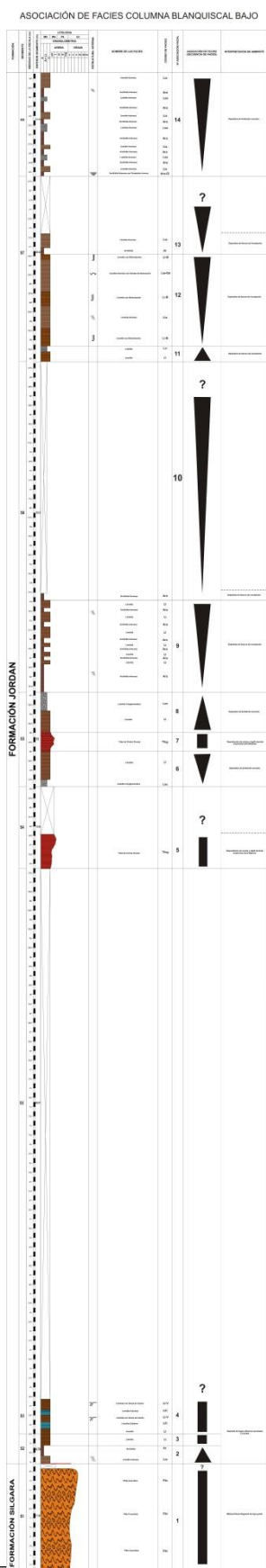
- **ASOCIACIÓN DE FACIES 13 (Ar; Lia)**

Asociación facial de secuencia de primer orden granocreciente (negativa según Lombard, 1956) de facies de arcillolita (Ar) y limolita arenosa (Lia). Tienen geometría tabular y mediana meteorización. Hacia la parte superior se encuentra un segmento cubierto de rocas rodadas provenientes de la Formación Los Santos. *Ambiente: Sistemas de depositación lacustre.*

- **ASOCIACIÓN DE FACIES 14 (Ara-Gi; Ara; Lia; Loa)**

Secuencia de séptimo orden granocreciente (negativa según Lombard, 1956) de facies arcillolita arenosa con gradación inversa (Ara-Gi), arcillolita arenosa (Ara), limolita arenosa (Lia), y lodolita arenosa (Loa). Las capas se presentan de medianas a gruesas y de geometría tabular con dato estructural N11°W /32°SW. La facies arcillolitas arenosas (Ara) tienen una pequeña gradación normal, pasando a ser ligeramente conglomeráticas. Por otro lado, se observan espejos de falla en la facies arcillolitas arenosas del techo. *Ambiente: Deposito de sistema lacustre. Caracterizado por la acumulación de grandes espesores de sedimentos con granulometría fina. (Arche, 2010).*

Figura 68. Columna Asociación de Facies e Interpretación de Ambientes Sección Blanquiscal Bajo.



## 10.3 ASOCIACIÓN DE FACIES DE LA COLUMNA EL VOLADOR

### FORMACIÓN SILGARÁ

- **ASOCIACIÓN DE FACIES 1 (MeAr)**

Asociación facial caracterizada por facies Meta-areniscas (MeAr) de la Formación Silgará. Estas rocas de la facies meta-arenisca se encuentran altamente alteradas lo cual afecta su color original, aparte de su notable oxidación. Hacia el techo no es posible la definición de la facies por los depósitos coluviales presentes. *Ambiente: Metamorfismo de muy bajo grado. Caracterizado por una gran deformación del protolito con presencia de foliación (Tarbuck et al, 1999).*

### FORMACIÓN JORDÁN

- **ASOCIACIÓN DE FACIES 2 (Lia)**

Dentro de esta asociación definimos una secuencia homogénea conformada por facies de limolitas arenosas (Lia). No se presenta ninguna variación en el tamaño granulométrico, y las capas gruesas de limolita arenosa se encuentran bien consolidadas y medianamente fracturadas. Texturalmente se encuentran clasificadas como limolitas arenosas debido a sus porcentajes en el tamaño de grano presente (limo 70%, arena 30%). Hacia el techo no es posible la definición de facies por nuevamente la presencia de depósitos coluviales. *Ambiente: Depósito de llanura de inundación.*

- **ASOCIACIÓN DE FACIES 3 (Lia-Gn, Lia-B)**

Secuencia homogénea conformada por facies de limolita arenosa con gradación normal (Lia-Gn) y facies de limolita arenosa con bioturbación (Lia-B). En la base encontramos una gradación normal de las limolitas arenosa debido a que las partículas tamaño arena varían de grano muy grueso a grano medio. Suprayaciendo las limolitas arenosas se caracterizan por la presencia de bioturbación. En el techo coluvión. *Ambiente: Depósito de llanura de inundación. Caracterizado por la acumulación de pequeñas secuencias granocrecientes e intercalaciones de areniscas lodosas bioturbadas con arcillolita arenosa, indicando que se forma cuando la orilla de un meandro es quebrada dando paso al flujo superior con sedimento en suspensión (Arche, 2010).*

- **ASOCIACIÓN DE FACIES 4 (Lia)**

Asociación facial con secuencia homogénea de facies limolita arenosa (Lia). Esta asociación no presenta variación en el tamaño de granos. Presenta un espesor de las capas grueso y bien consolidado. Texturalmente presenta porcentajes de limo 68% y arena 32%. *Ambiente: Deposito de canal abandonado (abandoned channel deposit) perteneciente a un río meandriforme (Miall, 2006 y Nichols, 2009). Caracterizado por la depositación de sedimento arenoso, donde se pueden producir episodios de depositación de sedimentos finos (arcilla y limo) sobre la capa de areniscas (Arche, 2010).*

- **ASOCIACIÓN DE FACIES 5 (Amg, Li)**

Esta asociación está conformada por una secuencia de primer orden granodecreciente (positiva según Lombard, 1956) con presencia de facies de arenisca de grano muy grueso (Amg) y limolita (Li).

Las capas gruesas de areniscas se encuentran compuestas texturalmente por granos subredondeados, regularmente calibrados, presentando contactos puntuales y flotantes entre los granos, predominando el contacto flotante.

Composicionalmente corresponde a una litarenita feldespática (Qz 27%, F 35%, FR 38%). *Ambiente: Deposito de relleno de canal abandonado. Producido al volverse totalmente inactivo el canal y es rellenado por paquetes de sedimento (Marren et al, 2006).*

- **ASOCIACIÓN DE FACIES 6 (Li, Lia, Loc)**

Asociación facial de secuencia de segundo orden granocreciente (negativa según Lombard, 1956) conformada por las facies de limolita (Li), limolita arenosa (Lia) y lodolita conglomerática (Loc). Hacia el techo deposito coluvial. Presentan un espesor grueso de las capas y las limolitas presentes en la asociación facial se encuentran afectadas por oxidación. *Ambiente: Deposito de relleno de canal abandonado. Se produce cuando el canal se vuelve totalmente inactivo y se rellena por paquetes lutíficos de sedimento proveniente del desbordamiento del canal activo (Marren et al, 2006).*

- **ASOCIACIÓN DE FACIES 7 (CG, CAIG, Ag)**

Se define esta asociación facial conformada por una secuencia de primer orden granodecreciente (positiva según Lombard, 1956) de facies de conglomerado de guijas (CG), conglomerado arenolodoso de guijas (CAIG) y arenisca de grano grueso (Ag).

Esta asociación está conformada hacia la base por capas medianas de conglomerados con guijas y conglomerado arenolodoso de guijas de tamaño aproximado 4mm, geometría irregular de las capas, clastos angulares a subangulares, pobremente calibrados, contacto entre los granos longitudinal, y un porcentajes de matriz arenolodosa y cemento ferruginoso del 22% y 20%.

Suprayaciendo las facies conglomeraticas encontramos facies de areniscas de grano grueso (Ag) con geometría irregular de sus capas, granos

subredondeados, buen calibrado y contacto longitudinal entre ellos. Presenta una matriz lodosa del 30% y cemento ferruginoso del 12%. Composicionalmente se define como litarenita feldespática (Qz 20%, F 35%, FR 45%). *Ambiente: Deposito de barra de canal por progresiva disminución del tamaño de grano hacia las facies superiores en donde las zonas basales se constituyen de gravas y disminuyendo a arenas.*

- **ASOCIACIÓN DE FACIES 8 (CAIG, CG, Ag)**

Dentro de la asociación facial se define una secuencia de primer orden granodecreciente (positiva según Lombard, 1956) conformada por facies de conglomerado arenolodoso de guijas (CAIG), conglomerado de guijas (CG) y arenisca de grano grueso (Ag). Hacia la base de dicha asociación se presentan capas medianas de geometría irregular pertenecientes a la facies conglomerado arenolodoso y conglomerado con presencia de clastos tamaño guijas (4mm a 16mm), clastos subredondeados y subangulosos, pobremente calibrados, contacto puntual y flotante entre ellos. Presenta un porcentaje de matriz arenolodosa del 40% y de cemento ferruginoso del 20%.

Ya hacia la parte superior de la secuencia se presentan capas medianas de areniscas de grano grueso de geometría tabular. Texturalmente se definen por poseer granos subredondeados, regularmente calibrados, contacto longitudinal y puntual entre ellos, y un porcentaje de matriz lodosa y cemento ferruginoso del 25% y 15% respectivamente. Composicionalmente hace referencia a una arcosa lítica (Qz 27%, F 50%, Fr 33%). *Ambiente: Depósito de barra de canal que al igual que la anterior asociación ahí una disminución del tamaño de grano en donde las zonas basales se constituyen de facies de gravas disminuyendo a facies de arenas.*

- **ASOCIACIÓN DE FACIES 9 (Lia-Gn, CG)**

Asociación compuesta por una secuencia de primer orden granocreciente (negativa según Lombard, 1956) de facies limolita arenosa con gradación normal (Lia-Gn) y conglomerado de guijas (CG). Las limolitas arenosas con gradación normal están bien consolidadas. En la parte superior capas gruesas de conglomerado de guijas con forma angular y subangular, y tamaño aproximado de 2mm hasta 5mm. *Ambiente: Abanico aluvial en donde existe una sucesión vertical de facies características de una zona de pie intermedio y externo con materiales conglomeraticos alternando con arenosos y lutíticos (Cabrera, Colombo, y Robles, 1985).*

- **ASOCIACIÓN DE FACIES 10 (Amg, Lia)**

Secuencia de primer orden granodecreciente (positiva según Lombard, 1956) conformada por facies de arenisca de grano muy grueso (Amg) y limolita arenosa (Lia). En la secuencia capas medianas de arenisca de grano muy grueso de geometría irregular. Texturalmente los granos presentan formas angulares a subangulares, con un pobre calibrado y contacto entre los granos puntual y flotante. La matriz es lodosa con un porcentajes del 30%, y cemento silíceo del 22%. Composicionalmente corresponde a una arcosa lítica (Qz 30%, F 40%, FR 30%). *Ambiente: Abanico aluvial de zona promixal y media, caracterizado por sedimentos de granulometría fina y media.*

- **ASOCIACIÓN DE FACIES 11 (CAGr, Li)**

Asociación facial caracterizada por una secuencia de primer orden granodecreciente (positiva según Lombard, 1956), la cual presenta facies de conglomerado arenoso de gujarras (CAGr) y limolita (Li). Sobre la base de esta secuencia descansan capas muy gruesas de conglomerado arenoso con gujarras hasta de 64 mm e imbricación de los clastos (dirección N55°W), forma subredondeada a redondeada, contacto longitudinal y matriz arenolodosa con porcentaje del 45% y cemento ferruginoso del 23%. Recibe el nombre de

paraconglomerado debido a que presenta una matriz mayor al 15%. Los clastos tamaño guijarras son procedentes del granito de pescadero. *Ambiente: Abanico aluvial en donde existe una sucesión vertical de facies características de una zona de pie intermedio y externo con materiales conglomeraticos alternando con arenosos y lutitícos (Cabrera, Colombo, y Robles, 1985).*

- **ASOCIACIÓN DE FACIES 12 (CAGr, Lia-B, Li-B)**

Esta asociación muestra una secuencia de primer orden granodecreciente (positiva según Lombard, 1956) con facies de conglomerado arenoso de guijarras (CAGr), limolita arenosa con bioturbación (Lia-B) y limolita con bioturbación (Li-B). Hacia la parte basal, encontramos conglomerado arenoso con clastos tamaño guijarras, forma de estos subredondeada a redondeada, contacto longitudinal y matriz arenolodosa presente en el 40% (paraconglomerado) y cemento del 21%. Suprayaciendo los conglomerados encontramos capas muy gruesas de limolita y limolita arenosa con presencia de bioturbación. *Ambiente: Abanico aluvial en donde existe una sucesión vertical de facies características de una zona de pie intermedio y externo con materiales conglomeraticos alternando con arenosos y lutitícos (Cabrera, Colombo, y Robles, 1985).*

- **ASOCIACIÓN DE FACIES 13 (Lia, Loc)**

Secuencia de primer orden granodecreciente (positiva según Lombard, 1956), la cual presenta facies de limolita arenosa (Lia) y lodolita conglomerática (Loc). En estas se evidencia alto fracturamiento y estrías de falla con dirección N14°E, producto de acciones tectónicas. *Ambiente: Abanico aluvial en donde existe una sucesión vertical de facies características de una zona de pie intermedio y externo con materiales lutitícos (Cabrera, Colombo, y Robles, 1985).*

- **ASOCIACIÓN DE FACIES 14 (Li-B, Lia)**

Asociación de facies la cual muestra una secuencia de segundo orden granocreciente (negativa según Lombard, 1956) con facies de limolita con bioturbación (Li-B) y limolita arenosa (Lia). El espesor de las capas es mediano y grueso, y texturalmente presentan los siguientes porcentajes para su clasificación: limolita (limo 85%, arena 5%) con bioturbación, y limolita arenosa (limo 80%, arena 12%, arcilla 8%). En la base no se presenta afloramiento. *Ambiente: Asociados a sistemas de depositación lacustre. Interpretada a través de su gran acumulación de sedimentos de granulometría fina como limolitas y arcillas, típico de este ambiente de régimen bajo. Además se presenta bioturbación (Arche, 2010).*

- **ASOCIACIÓN DE FACIES 15 (Loa-B, Loc-B)**

Dentro de esta asociación facial se muestra una secuencia de primer orden granocreciente (negativa según Lombard, 1956) con facies de lodolita arenosa con bioturbación (Loa-B) y lodolita conglomerática con bioturbación (Loc-B). Encontramos dentro de esta asociación capas gruesas de lodolita arenosa con porcentajes texturales de limo 40%, arcilla 40% y arena 20%; y capas gruesas de lodolita conglomerática con porcentajes de lodo 80% y grava 20%. Las dos facies se caracterizan por presentar bioturbación. *Ambiente: Asociados a sistemas de depositación lacustre. Caracterizado por la acumulación de sedimentos finos bioturbados (Arche, 2010).*

- **ASOCIACIÓN DE FACIES 16 (Li-B, Li-N, Li-VN, Am-LpB)**

Secuencia de primer orden granocreciente (negativa según Lombard, 1956) con presencia de facies de limolita con bioturbación (Li-B), limolita con nódulos (Li-N), limolita con venas de calcita y nódulos (Li-VN), arenisca de grano medio con laminación planoparalela y bioturbación (Am-LpB). Sobre la base de la secuencia encontramos capas gruesas de limolitas con bioturbación y un cambio en su coloración debido a la alteración causada por procesos de meteorización. Seguidamente, se presentan limolitas con nódulos y limolitas

con doble característica (nódulos y venas de calcita). Los nódulos presentes poseen un diámetro aproximado de 2 cm y las venas de calcita un espesor entre 0.1 cm y 0.2 cm. Las limolitas presentan un poco de recristalización.

Continuando hacia la parte superior de la secuencia granocreciente se presentan capas medianas de areniscas de grano medio, presentando bioturbación y laminación plano paralela. Las capas presentan geometría tabular, y texturalmente presenta grano con forma angular y subangular, regularmente calibrados y contacto longitudinal entre los granos. Los porcentajes de matriz (lodosa) y cemento (silíceo) son del 35% y 10% respectivamente. Composicionalmente las areniscas se identifican como arcosas (Qz 65%, F 32%, FR 3%). *Ambiente: Asociados a sistemas de depositación lacustre. Se presentan sedimentos de granulometría fina y muy fina, bioturbados, con presencia de nódulos calcáreos y con geometría tabular típico de un ambiente de baja energía.*

- **ASOCIACIÓN DE FACIES 17 (Li-V, Li-B, Li-VN)**

Asociación que muestra una secuencia homogénea con facies de limolita con venas de calcita (Li-V), limolita con bioturbación (Li-B) y limolita con venas de calcita y nódulos (Li-VN). Estas capas gruesas de limolitas presentes en esta secuencia se encuentran bien consolidadas. Las venas de calcita presentes en la parte superior e inferior de la secuencia contienen un espesor de 0.1 cm y los nódulos calcáreos de hasta 8 cm. *Ambiente: Asociados a sistemas de depositación lacustre. Se presentan sedimentos de granulometría fina y muy fina, bioturbados, con presencia de nódulos calcáreos y con geometría tabular típico de un ambiente de baja energía.*

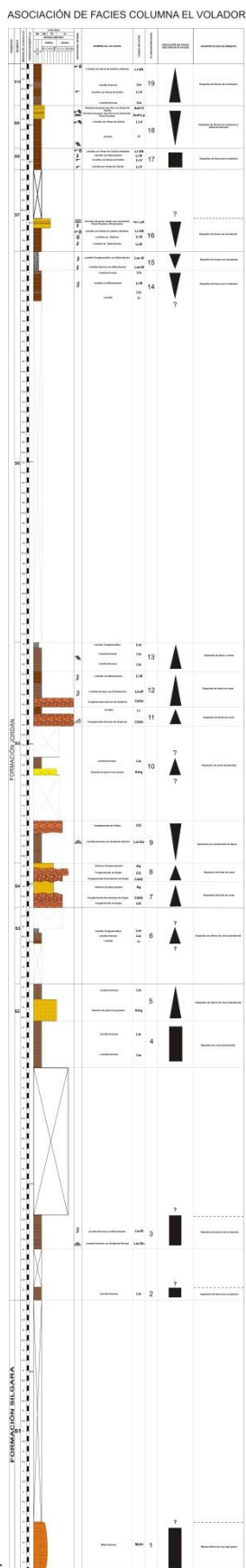
- **ASOCIACIÓN DE FACIES 18 (Li, Li-V, Amf-Lp, Amf-V)**

Constituida por una secuencia de primer orden granocreciente (negativa según Lombard, 1956) con facies de limolita (Li), limolita con venas de calcita (Li-V), arenisca de grano muy fino con laminación plano paralela (Amf-Lp) y arenisca de grano muy fino con venas de calcita (Amf-V). Dentro de esta secuencia se presentan hacia la base capas medianas y gruesas de limolita (limo 90%, arcilla 5%, arena 8%) y limolita con presencia de venas de calcita. Las areniscas de grano muy fino presentes hacia la parte superior de la secuencia poseen una geometría tabular de sus capas, forma de los granos redondeados, buen calibrado, un contacto longitudinal entre ellos y porcentajes de matriz (lodosa) y cemento (silíceo) del 40% y 15%. Composicionalmente las areniscas corresponden a litarenitas (Qz 30%, F 20%, FR 50%). *Ambiente: Asociados a sistemas de depositación lacustre. Se presentan sedimentos de granulometría muy fina con geometría tabular típico de un ambiente de baja energía.*

- **ASOCIACIÓN DE FACIES 19 (Lia, Li-V, Li-VN)**

Asociación facial de secuencia de segundo orden granodecreciente (positiva según Lombard, 1956) la cual muestra facies de limolita arenosa (Lia), limolita con venas de calcita (Li-V) y limolita con venas de calcita y nódulos (Li-VN). Esta secuencia se encuentra organizada hacia la base por capas medianas de limolita arenosa (Limo 80% y arena 20%), seguido de limolita con venas de calcita que presentan un espesor aproximado de 0.3cm. Posteriormente tenemos una capa gruesa de limolita arenosa (limo 65%, arcilla 20%, arena 15%) y finalmente hacia el techo limolitas con venas de calcita que presentan espesores entre 0.1 cm y 0.3 cm, y nódulos con diámetro de 2 cm. *Ambiente: Asociados a sistemas de depositación lacustre.*

Figura 69. Columna Asociación de Facies e Interpretación de Ambientes Sección el Volador.



## 10.4 ASOCIACIÓN DE FACIES DE LA COLUMNA VILLA ROSA

### FORMACIÓN JORDÁN

- **ASOCIACIÓN DE FACIES 1 (Almf, Li)**

Asociación facial caracterizada por una secuencia de primer orden granodecreciente (positiva según Lombard, 1956), donde en conjunto presenta facies de arenisca lodosa de grano muy fino (Almf) y limolita (Li). Esta secuencia presenta una variación de tamaño de grano arena a limo indicando el cambio energético en la depositación de estos sedimentos.

La capa de arenisca texturalmente presenta granos subangulares a subredondeados, pobremente calibrados, con un contacto entre granos flotantes, y porcentajes de matriz y cemento de 45% y 20% respectivamente. Composicionalmente corresponde a una arcosa (Qz 50-55%, F 35% y Fr 15-10%). *Ambiente: Deposito de llanura de inundación.*

- **ASOCIACIÓN DE FACIES 2 (Almf-B, Lo)**

Compuesta por una secuencia de primer orden granodecreciente (positiva según Lombard, 1956) al igual que la asociación facial anterior, con presencia de facies de arenisca lodosa de grano muy fino con bioturbación (Almf-B) y lodolita (Lo). Texturalmente la arenisca presenta una forma de granos subangulares a subredondeados, pobremente calibrados, contacto flotante entre ellos, y un porcentaje de matriz de 45% y de cemento 20%. Composicionalmente corresponde a una arcosa (Qz 50-55%, F 35% y Fr 15-10%). Es de resaltar que las areniscas en esta asociación presentan bioturbación. *Ambiente: Deposito de llanura de inundación. Caracterizado por la acumulación de pequeñas secuencias granocrecientes de poco espesor o acumulaciones de sedimentos finos bioturbados. (Arche, 2010)*

- **ASOCIACIÓN DE FACIES 3 (Lia, Li-V)**

Esta asociación facial está conformada por facies de limolita arenosa (Lia) y limolita con venas de calcita (Li-V), las cuales forman una secuencia homogénea. Sus capas presentan un tamaño medio a grueso y su característica principal es la presencia de venas de calcita. *Ambiente: Deposito de llanura de inundación típico para la acumulación de sedimentos finos (Arche, 2010)*

- **ASOCIACIÓN DE FACIES 4 (Algco, Alm, Alf, Li, Loc)**

Secuencia de primer orden granodecreciente (positiva según Lombard, 1956) conformado por facies de arenisca lodosa conglomerática de grano grueso (Algco), arenisca lodosa de grano medio (Alm), arenisca lodosa de grano fino (Alf), limolita (Li) y lodolita conglomerática (Loc). Esta secuencia presenta variación de tamaño de grano de arena a lodo debido a un cambio en la energía de depositación.

Hacia la base de la secuencia donde encontramos las areniscas lodosas conglomeraticas, presentan clastos con tamaños aproximados de 4mm, subredondeados, pobremente calibrado, con un contacto longitudinal, porcentaje de matriz arenolodosa del 32% y cemento 14%.

Seguidamente suprayaciendo la anterior litología se presenta capas medianas de arenisca lodosa de grano medio y fino, con forma de granos subredondeados, contacto puntual y flotante entre ellos, y un calibrado regular. Composicionalmente las areniscas presentes en esta asociación facial corresponden al nombre de arcosas debido a sus porcentajes mineralógicos. Ya hacia la parte superior (techo), encontramos facies de limolita y lodolita conglomeratica (lodo 65%, grava 35%). *Ambiente: Deposito de canal abandonado. Caracterizado por la depositación de sedimento arenoso, donde se pueden producir episodios de depositación de sedimentos finos (arcilla y limo) sobre la capa de areniscas (Arche, 2010).*

- **ASOCIACIÓN DE FACIES 5 (Li-B)**

Esta asociación presenta una secuencia de facies homogénea compuesta por capas medianas de limolitas con bioturbación (Li-B). Dicha secuencia está caracterizada por la presencia de bioturbación. *Ambiente: Deposito de relleno de canal abandonado. Producida al volverse totalmente inactivo el canal y es rellenado por paquetes lutíticos (Marren et al, 2006).*

- **ASOCIACIÓN DE FACIES 6 (CGrG, Alg, Lia-B, Li-N, Lo, Ar)**

Las facies de esta asociación muestran una secuencia de primer orden granodecreciente (positiva según Lombard, 1956) conformada por facies de conglomerados de guijarras a guijas (CGrG), arenisca lodosa de grano grueso (Alg), limolita arenosa con bioturbación (Lia), limolita con nódulos (Li-N), lodolita (Lo) y arcillolita (Ar). Teniendo en cuenta la secuencia presente en esta asociación el nivel energético de depositación de los sedimentos varió de alto a bajo. Los conglomerados los cuales se encuentran hacia la base presentan clastos con tamaños de 30-70mm, redondez subangular, pobremente calibrados, contacto flotante, matriz arenolodosa del 40% y cemento silíceo del 20%. La arenisca lodosa que suprayace estos conglomerados presenta granos angulares, pobremente calibrados y contacto puntual y longitudinal entre ellos, matriz lodosa del 25% y cemento silíceo del 12%. Debido a los porcentajes mineralógicos (Qz 60%, F 30% y FR 10%) composicionalmente corresponde a una arcosa. Continuando con la secuencia encontramos una capa mediana de limolita arenosa con presencia de bioturbación, seguidas de limolitas con presencia de nódulos. Hacia el techo capas medianas de lodolita y arcillolita y segmento cubierto por rocas rodadas y vegetación. *Ambiente: Abanico aluvial en donde existe una sucesión vertical de facies características de una zona de pie intermedio y externo con materiales conglomeraticos alternando con arenosos y lutíticos (Cabrera, Colombo, y Robles, 1985).*

- **ASOCIACIÓN DE FACIES 7 (Ar, Lo)**

Dentro de esta asociación facial encontramos una secuencia granodecreciente de segundo orden (positiva según Lombard, 1956) conformada por facies de arcillolitas (Ar) y lodolitas (Lo). *Ambiente: Abanico aluvial en donde existe una sucesión vertical de facies características de una zona proximal y distal del abanico (Cabrera, Colombo, y Robles, 1985).*

- **ASOCIACIÓN DE FACIES 8 (CAGr, Lo, Ar)**

Asociación facial con secuencia de primer orden granodecreciente (positiva según Lombard, 1956) la cual presenta facies de conglomerado arenolodoso de guijarras (CAIG), lodolita (Lo) y arcillolita (Ar). Hacia la base de esta asociación encontramos una capa gruesa de conglomerado arenolodoso, con presencia de estrías de falla y clastos con un tamaño aproximado de 64 mm. Estos conglomerados presentan una matriz arenolodosa con porcentaje de 37% y cemento de 18%. Ya hacia la parte superior la asociación facial presenta capas gruesas de lodolita y arcillolita. *Ambiente: Deposito de abanico aluvial.*

- **ASOCIACIÓN DE FACIES 9 (Lo)**

Dentro de esta asociación podemos definir una secuencia homogénea caracterizada por facies de lodolita (Lo). No se presenta ninguna variación en el tamaño de grano y las capas gruesas de lodolita presentan algunas estrías de fallas. *Ambiente: Deposito de abanico aluvial.*

- **ASOCIACIÓN DE FACIES 10 (Lo-BN, Ag-B)**

Se presenta una secuencia granocreciente de primer orden (negativa según Lombard, 1956) conformada por facies de lodolita con bioturbación y nódulos (Lo-BN) y areniscas de grano grueso con bioturbación (Ag-B). Las capas gruesas de arenisca se encuentran meteorizadas y texturalmente se caracteriza por poseer granos subredondeados, regularmente calibrados,

contacto longitudinal entre ellos, matriz lodosa con porcentaje del 28% y cemento ferruginoso con porcentaje del 10%. Referente a la parte composicional se define como arcosa ( Qz 60%, F 32%, Fr 8%).

Esta asociación facial está caracterizada por la bioturbación presente tanto en lodolitas como en areniscas, y los nódulos presentes en la lodolita. *Ambiente: Deposito de lacustre marginal, interpretado por áreas de vertientes escarpadas las cuales pueden existir abanicos aluviales anteriores que constituyen aparatos deltaicos en zonas lacustres.*

- **ASOCIACIÓN DE FACIES 11 (Ar, Lo)**

En esta asociación facial encontramos una secuencia granocreciente de primer orden (negativa según Lombard, 1956) de capas medianas de arcillolitas (Ar) y lodolitas (Lo). La única variación de tamaño de grano es de tamaño arcilla a lodo, representando un diminuto cambio en la depositación de los sedimentos. *Ambiente: Deposito de lacustre marginal, interpretado por áreas de vertientes escarpadas las cuales pueden existir abanicos aluviales anteriores que constituyen aparatos deltaicos en zonas lacustres.*

- **ASOCIACIÓN DE FACIES 12 (Ar-B, Lo, CAGr)**

Secuencia granocreciente de primer orden (negativa según Lombard, 1956) con presencia de facies de arcillolita con bioturbación (Ar-B), lodolita (Lo) y conglomerado arenolodoso de guijarras (CAGr). Las capas gruesas de conglomerado arenolodoso (grava 70%, arena 20%, lodo 10%) texturalmente presentan un mal calibrado, clastos subredondeados, contacto longitudinal y puntual entre ellos, y unos porcentajes de matriz arenolodosa y cemento del 37% y 18% respectivamente. *Ambiente: Deposito de lacustre marginal, interpretado por áreas de vertientes escarpadas las cuales pueden existir abanicos aluviales anteriores que constituyen aparatos deltaicos en zonas lacustres.*

- **ASOCIACIÓN DE FACIES 13 (Lia, Li-B, Loa-B)**

Asociación facial con secuencia de primer orden granodecreciente (positiva según Lombard, 1956) conformada por facies de limolita arenosa (Lia), limolita con bioturbación (Li-B) y lodolita arenosa con bioturbación (Loa-B). La secuencia está caracterizada por el tamaño de granos muy finos, donde los porcentajes para su clasificación textural son: limolita arenosa (limo 80%, arena 20%), limolita (limo 90%, arena 5%, arcilla 5%) y lodolita arenosa (lodo 40%, arcilla 35%, arena 25%). Hacia la base se presenta un depósito de clastos de grano fino. *Ambiente: Depósito de llanura de inundación caracterizado por la acumulación de pequeñas secuencias de poco espesor o acumulaciones de sedimentos finos bioturbados (Arche, 2010).*

- **ASOCIACIÓN DE FACIES 14 (Af-B, Amgco-Cu)**

Secuencia granocreciente de primer orden (negativa según Lombard, 1956) con presencia de arenisca de grano fino con bioturbación (Af-B) y arenisca conglomerática de grano muy grueso, cuneiforme (Amgco-Cu). Hacia la base encontramos areniscas de grano fino con geometría tabular de las capas y superficie de estratificación neta. Su clasificación textural está caracterizada por granos angulares, mal calibrado, contacto longitudinal entre los granos y porcentajes de matriz lodosa y cemento silíceo del 22% y 8% respectivamente. Suprayaciendo encontramos arenisca conglomerática con geometría en forma de cuña en su estratificación. Texturalmente presenta granos subredondeados, mal calibrado, contacto longitudinal y puntual entre granos, matriz arenolodosa con porcentaje del 18% y cemento silíceo del 10%.

La asociación facial está caracterizada composicionalmente por rocas denominadas arcosas (Folk, 1974). *Ambiente: Depósito de canal abandonado caracterizado por la depositación de sedimento arenoso, donde se pueden producir episodios de depositación de sedimentos finos (arcilla y limo) sobre la capa de areniscas. (Arche, 2010.)*

- **ASOCIACIÓN DE FACIES 15 (Lia-B, Lo-B, Li-B, Ar-B)**

Dentro de esta asociación facial podemos observar una secuencia granodecreciente de segundo orden (positiva según Lombard, 1956) con capas medianas caracterizadas por facies de limolita arenosa con bioturbación (Lia-B), lodolita con bioturbación (Lo-B), limolita con bioturbación (Li-B) y arcillolita con bioturbación (Ar-B).

Secuencia definida por la similitud en la depositación de sedimentos de grano fino con alta presencia de bioturbación. Es de resaltar que se presentan algunos fragmentos de arenisca en la limolita. *Ambiente: Deposito de ambiente lacustre. Interpretada a través de su gran acumulación de sedimentos de granulometría fina como limolitas y arcillas típicas de este ambiente de régimen bajo (Arche, 2010).*

- **ASOCIACIÓN DE FACIES 16 (Tfcf)**

Asociación facial conformada por facies de tobas de ceniza fina (Tfcf). Esta asociación constituye rocas piroclásticas con minerales altamente alterados, matriz muy fina y pseudoestratificación. *Ambiente: Erupciones piroclásticas. Caídas de ceniza. Este material es expulsado por una chimenea volcánica y asciende por la atmosfera para después caer en forma de lluvia y depositarse finalmente (Einsele, 1992).*

- **ASOCIACIÓN DE FACIES 17 (Lia-Lp, Lia-B)**

Esta asociación muestra una secuencia granocreciente de primer orden (negativa según Lombard, 1956) conformada por facies de limolita arenosa con laminación plano paralela (Lia-Lp) y limolita arenosa con bioturbación (Lia-B). Se encuentran en cuerpos geoméricamente tabulares y la facies perteneciente a la limolita arenosa se caracteriza por presentar laminación plano paralela. *Ambiente: Deposito de lacustre. Se caracteriza por presentar amplias zonas*

*deprimidas favorables para la acumulación de grandes espesores de sedimentos finos (Arche, 2010).*

- **ASOCIACIÓN DE FACIES 18 (Ar, Loa)**

Podemos definir dentro de esta asociación facial una secuencia de primer orden granocreciente (negativa según Lombard, 1956) conformada por facies de arcillolita (Ar) y de lodolita arenosa (Loa). La variación del tamaño de grano es muy diminuta por lo cual vemos una depositación de baja energía. Las capas presentes tanto de arcillolita como de lodolita arenosa presentan un espesor delgado. Para su clasificación textural tenemos los siguientes porcentajes: arcillolita (arcilla 85%, limo 10%, arena 5%), lodolita arenosa (limo 60%, arcilla 20%, arena 20%). *Ambiente: Deposito de lacustre. Interpretada a través de su gran acumulación de sedimentos de granulometría fina como limolitas y arcillas típicas de este ambiente de régimen bajo (Arche, 2010).*

- **ASOCIACIÓN DE FACIES 19 (Am-Lp, Ag-Lp)**

Asociación facial con secuencia granocreciente de primer orden (negativa según Lombard, 1956) conformada por facies de arenisca de grano medio con laminación plano paralela (Am-Lp) y arenisca de grano grueso con laminación plano paralela (Ag-Lp). Hacia la parte inferior encontramos un grupo de capas delgadas, donde texturalmente se presenta una variación de arenisca de grano medio a arenisca de grano grueso, con granos de redondez subangular, buen calibre y contacto longitudinal entre los granos. Matriz con porcentajes del 25% y cemento silíceo del 9%. Composicionalmente las areniscas de grano medio corresponden a subarcosas (Qz 80%, F 15%, FR 5%), y las areniscas de grano grueso a arcosas líticas (Qz 65%, F 20%, FR 15%). *Ambiente: Deposito de lóbulo de derrame (Crevasse splay). Se desarrolla un nivel de arena con laminación horizontal que marca un sentido de flujo aproximadamente perpendicular a la dirección local del canal principal.*

- **ASOCIACIÓN DE FACIES 20 (Ag-Lp)**

Secuencia caracterizada por una depositación homogénea con presencia de facies de areniscas de grano grueso con laminación plano paralela (Ag-Lp). Dentro de esta secuencia no encontramos variación en el tamaño de los granos. Texturalmente los granos presentan redondez subangular, buen calibrado, un contacto longitudinal entre los granos, y porcentajes de matriz y cemento del 25% y 10% respectivamente. Dentro de la parte composicional se definen como arcosas líticas (Qz 65%, F 20%, FR 15%). *Ambiente: Deposito de lóbulo de derrame (Crevasse splay). Se desarrolla un nivel de arena con laminación horizontal que marca un sentido de flujo aproximadamente perpendicular a la dirección local del canal principal.*

- **ASOCIACIÓN DE FACIES 21 (Ag-Lp, Am-Lp)**

Asociación facial conformada por una secuencia granodecreciente de primer orden (positiva según Lombard, 1956) la cual presenta dos facies: arenisca de grano grueso con laminación plano paralela (Ag-Lp) y arenisca de grano medio con laminación plano paralela (Am-Lp). Hacia la base de esta secuencia se presentan areniscas de grano grueso las cuales texturalmente presentan redondez subangular en la forma de sus granos, buen calibrado, un contacto longitudinal entre los granos, y porcentajes de matriz y cemento del 25% y 10% respectivamente. Dentro de la parte composicional se definen como arcosas líticas (Qz 65%, F 20%, FR 15%).

Ya en la parte superior se presentan capas delgadas y medianas las cuales se clasifican texturalmente como areniscas de grano medio, subredondeados, regularmente calibradas, contacto tangencial de granos en promedio, porcentajes de matriz que varían desde 21% hasta 35%, y cemento silíceo desde 9% hasta 12%. Para la definición composicional encontramos subarcosas (Qz 85%, F 10%, FR 5%). *Ambiente: Deposito de lóbulo de derrame (Crevasse splay).*

- **ASOCIACIÓN DE FACIES 22 (Loa, Ar)**

Secuencia granodecreciente de primer orden (positiva según Lombard, 1956) conformada por facies de lodolita arenosa (Loa) y arcillolita (Ar). En la base capas gruesas de lodolitas arenosas (arcilla 60%, limo 20%, arena 20%) con presencia de lentes de lodolita. Continuando con la secuencia hacia la parte superior encontramos arcillolitas (arcilla 85%, limo 10%, arena 5%). *Ambiente: Deposito de ambiente lacustre. Caracterizado por la acumulación de grandes espesores de sedimentos con granulometría fina. (Arche, 2010).*

- **ASOCIACIÓN DE FACIES 23 (Tf<sub>cf</sub>)**

Asociación facial caracterizada por una secuencia homogénea la cual presenta tobas de ceniza fina (Tf<sub>cf</sub>). Esta secuencia está conformada por rocas volcanoclásticas con pseudoestratificación, minerales altamente alterados, no identificables, con oxidación, alto fracturamiento y matriz muy fina. Color naranja moderadamente rojizo (10R 6/6) y naranja amarillento pálido (10YR 8/6). *Ambiente: Erupciones piroclásticas asociado a caídas de ceniza. Caracterizado por erupciones piroclásticas. Este material es expulsado por una chimenea volcánica y asciende por la atmosfera para después caer en forma de lluvia y depositarse finalmente (Einsele, 1992).*

- **ASOCIACIÓN DE FACIES 24 (Tf<sub>l</sub>, Ig)**

Secuencia caracterizada por una asociación facial de rocas piroclásticas dentro de las cuales se presentan tobas líticas (Tf<sub>l</sub>) e ignimbritas (Ig). Hacia la base de la secuencia tenemos tobas líticas, suprayaciendo estas rocas piroclásticas se presentan ignimbritas caracterizadas por una estructura de flujo laminar, fragmentos tamaño Lapilli (2mm-64mm) orientados y matriz microcristalina. Presenta fenocristales de plagioclasa, biotita, cuarzo y minerales amorfos. Los fragmentos presentes en ella se encuentran orientados en una dirección preferencial de flujo y composicionalmente se clasifica como una roca

intermedia a félsica. *Ambiente: Erupciones piroclásticas asociado a caídas de ceniza y a flujo piroclástico (Torres-Hernández, 2006).*

- **ASOCIACIÓN DE FACIES 25 (Li-N, Lo)**

Asociación facial con secuencia granodecreciente de tercer orden (positiva según Lombard, 1956) compuesta por facies de limolita con nódulos (Li-N) y lodolita (Lo). Dentro de esta secuencia podemos destacar los siguientes porcentajes para la clasificación textural de sus facies: limolita (limo 90%, arena 5%, arcilla 5%) y lodolita (arcilla 70%, limo 70%). *Ambiente: Depósitos de ambiente lacustre. Interpretada a través de su gran acumulación de sedimentos de granulometría fina como limolitas y arcillas típicas de este ambiente de régimen bajo (Arche, 2010).*

- **ASOCIACIÓN DE FACIES 26 (Li, Lia-N)**

Esta asociación está formada por una secuencia granocreciente de primer orden (negativa según Lombard, 1956) con facies de limolita (Li) y limolita arenosa con nódulos (Lia-N). Presenta hacia la base capas medianas de limolita (limo 90%, arena 5%, arcilla 5%) afectada tectónicamente inferido por la presencia de estrías de falla; suprayaciendo encontramos capas medianas de limolita arenosa (arena 25%, limo 70%, arcilla 5%) caracterizada por la presencia de nódulos de lodolita. *Ambiente: Depósitos de ambiente lacustre. Se caracteriza por presentar amplias zonas deprimidas favorables para la acumulación de grandes espesores de sedimentos finos (Arche, 2010).*

Figura 70. Columna Asociación de Facies e Interpretación de Ambientes Sección Villa Rosa.

ASOCIACIÓN DE FACIES COLUMNA VILLA ROSA

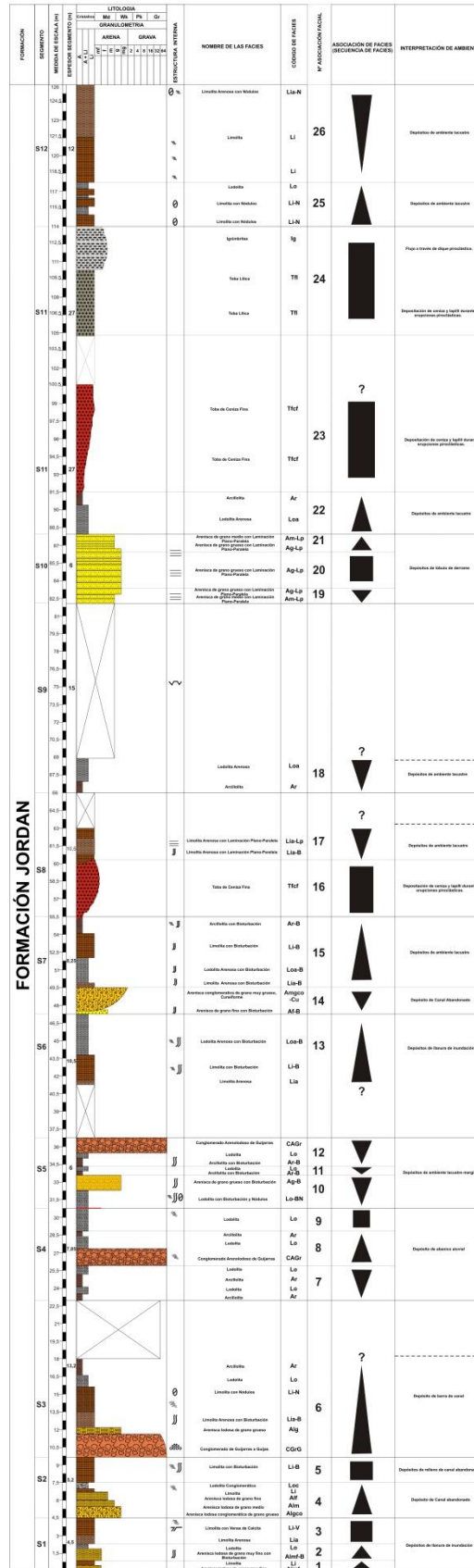


Tabla 4. Relación de litofacies con el Ambiente de depósito.

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	MECANISMO DE TRANSPORTE Y ACUMULACIÓN	INTERPRETACIÓN
Ar	Arcillolita	Suspensión. Corrientes de tracción débil.	Depósito de llanura de inundación o Depósitos de canal abandonado. Crevasse Splay.
Ar-B	Arcillolita con Bioturbación	Suspensión. Corrientes de tracción débil.	Depósito de llanura de inundación con presencia de vegetación. Crevasse Splay.
Ar-Lp	Arcillolita con Laminación Plano - Paralela	Suspensión. Corrientes de tracción débil.	Depósito de llanura de inundación o Depósitos de canal abandonado. Crevasse Splay.
Ara	Arcillolita Arenosa	Suspensión. Corrientes de tracción débil.	Depósito de llanura de inundación, desbordamiento o Depósitos de canal abandonado. Crevasse Splay.
Ara-Gi	Arcillolita Arenosa con Gradación Inversa	Suspensión Flujo Granular. Corrientes de tracción débil.	Deposición en la apertura de un nuevo canal por rompimiento del dique. Crevasse Splay.
Lo	Lodolita	Suspensión. Corrientes de tracción débil.	Depósito de llanura de inundación o Depósitos de canal abandonado. Crevasse Splay.
Lo-BN	Lodolita con Bioturbación y Nódulos	Suspensión. Corrientes de tracción débil.	Depósito de llanura de inundación con presencia de vegetación. Precipitación de sedimentos o soluciones intersticiales en los poros o cavidades de la roca.
Loa	Lodolita Arenosa	Suspensión. Corrientes de tracción débil.	Depósitos de llanura de inundación o Depósitos de canal abandonado. Crevasse Splay.
Loa-B	Lodolita Arenosa con Bioturbación	Suspensión. Corrientes de tracción débil a moderada.	Depósitos de llanura de inundación o Depósitos de canal abandonado, con presencia de vegetación. Crevasse Splay.
Loc	Lodolita Conglomerática	Suspensión-Saltación-Arrastre. Corrientes sinuosas de tracción débil a moderada.	Deposición en la apertura de un nuevo canal por rompimiento del dique. Crevasse Splay.
Loc-B	Lodolita Conglomerática con Bioturbación	Suspensión-Saltación-Arrastre. Corrientes sinuosas de tracción débil a moderada.	Deposición en la apertura de un nuevo canal por rompimiento del dique, con presencia de vegetación. Crevasse Splay.
Li	Limolita	Suspensión. Corrientes de tracción débil.	Depósito de llanura de inundación o Depósitos de canal abandonado. Crevasse Splay.
Li-B	Limolita con Bioturbación	Suspensión. Corrientes de tracción débil.	Depósito de llanura de inundación o Depósitos de canal abandonado con presencia de vegetación. Crevasse Splay.
Li-V	Limolita con Venas de Calcita	Suspensión. Mineralización a través de fracturas-Flujo (Venas de Calcita)	Depósito de llanura de inundación o Depósitos de canal abandonado. Crevasse Splay. Relleno de grietas y fracturas con flujo mineralizante.
Li-N	Limolita con Nódulos	Suspensión. Corrientes de tracción débil.	Depósito de llanura de inundación o Depósitos de canal abandonado. Crevasse Splay. Rellenos de cavidades.
Li-VB	Limolita con Venas de Calcita y Bioturbación	Suspensión-Flujo Mineralizante a través de grietas(Fracturas)	Depósito de llanura de inundación o Depósitos de canal abandonado con presencia de vegetación. Relleno de grietas y fracturas con flujo mineralizante.

Li-VN	Limolita con Venas de Calcita y Nódulos	Suspensión-Flujo Mineralización a través de grietas(Fracturas)	Depósito de llanura de inundación o Depósitos de canal abandonado. Relleno de cavidades.
Lia	Limolita Arenosa	Suspensión. Corrientes de tracción débil a moderada.	Depósito de llanura de inundación o Depósitos de canal abandonado. Crevasse Splay.
Lia-Gd	Limolita Arenosa con Grietas de Deseccación	Suspensión. Corrientes de tracción débil a moderada.	Depósito de llanura de inundación o Depósitos de canal abandonado. Depósitos de desbordamiento.
Lia-Lp	Limolita Arenosa con Laminación Plano-Paralela	Suspensión. Corrientes de tracción débil a moderada.	Depósito de llanura de inundación o Depósitos de canal abandonado. Crevasse Splay.
Lia-B	Limolita Arenosa con Bioturbación	Suspensión. Corrientes de tracción débil a moderada.	Depósito de llanura de inundación o Depósitos de canal abandonado, con presencia de Vegetación. Crevasse Splay.
Lia-Gn	Limolita Arenosa con Gradación Normal	Suspensión. Corrientes de tracción débil a moderada.	Depósito de fondo de canal.
Lia-N	Limolita Arenosa con Nódulos	Suspensión	Depósito de llanura de inundación o Depósitos de canal abandonado. Relleno de cavidades.
Lic	Limolita Calcárea	Suspensión-Precipitación de Carbonato	Depósito de llanura de inundación o Depósitos de canal abandonado. Precipitación de Carbonatos.
Almf	Arenisca lodosa de grano muy fino	Suspensión-Saltación Cambio en el régimen de flujo	Depósitos de llanura de inundación. Crevasse Splay.
Almf-B	Arenisca lodosa de grano muy fino con Bioturbación	Suspensión-Saltación Cambio en el régimen de flujo	Depósitos de llanura de inundación, con presencia de vegetación. Crevasse Splay.
Amf	Arenisca de grano muy fino	Suspensión-Saltación	Depósitos de llanura de inundación. Crevasse Splay.
Amf-Lp	Arenisca de grano muy fino con Laminación Plano-paralela	Suspensión-Saltación	Depósitos de llanura de inundación. Crevasse Splay. Flujo de capas planas.
Amf-V	Arenisca de grano muy fino con Venas de Calcita	Suspensión-Saltación-Flujo mineralizante a través de grietas (Fracturas)	Depósitos de llanura de inundación. Crevasse Splay. Relleno de cavidades (Mineralización).
Alf	Arenisca lodosa de grano fino.	Suspensión-Saltación Cambio en el régimen de flujo	Depósitos de llanura de inundación. Crevasse Splay.
Af-B	Arenisca de grano fino con Bioturbación	Suspensión-Saltación	Depósitos de llanura de inundación, con presencia de vegetación. Crevasse Splay.
Af-Gi	Arenisca de grano fino con Gradación Inversa	Suspensión-Saltación Flujo Granular	Depósitos de llanura de inundación. Crevasse Splay. Rompimiento de dique y relleno de canal.
Af-V	Arenisca de grano fino con Venas de Calcita	Suspensión-Saltación-Flujo mineralizante a través de grietas (Fracturas)	Depósitos de llanura de inundación. Crevasse Splay. Relleno de cavidades (Mineralización).
Alm	Arenisca lodosa de grano medio.	Suspensión - Saltación	Depósitos de llanura de inundación. Crevasse Splay.
Am-LpB	Arenisca de grano medio con Laminación Plano-paralela y Bioturbación	Saltación	Depósito de fondo de canal o Planicie de inundación con presencia de vegetación.
Am-LpV	Arenisca de grano medio con Laminación Plano-paralela y Venas de Calcita	Saltación-Flujo mineralizante a través de grietas(Fracturas)	Depósito de fondo de canal o Planicie de inundación. Relleno de cavidades (Mineralización).

Ag	Arenisca de grano grueso	Saltación	Depósitos de canal. Barras longitudinales y transversales.
Alg	Arenisca lodosa de grano grueso	Suspensión-Saltación. Transporte de granos en medio fluido.	Barras y Relleno de canal durante su apartura.
Ag-B	Arenisca de grano grueso con Bioturbación	Saltación. Transporte de granos en medio fluido.	Depósitos de canal. Barras longitudinales y transversales, con presencia de vegetación.
Ag-Lp	Arenisca de grano grueso con Laminación Plano-Paralela	Saltación. Transporte de granos en medio fluido.	Depósito de canal. Flujo de capas planas (Régimen de flujo alto).
Algco	Arenisca lodosa conglomerática de grano grueso	Suspensión-Saltación-Arrastre. Transporte de granos en medio fluido.	Barras y Relleno de canal durante su apartura.
Amg	Arenisca de grano muy grueso	Saltación. Transporte de granos en medio fluido.	Depósito de canal. Relleno de canal.
Am-Lp	Arenisca de grano medio con Laminación Plano-paralela	Saltación. Transporte de granos en medio fluido.	Depósitos de canal. Barras longitudinales y transversales. Flujo de capas planas (Régimen de flujo alto).
Amgco-Cu	Arenisca conglomerática de grano muy gruesa. Geometría cuneiforme.	Saltación-Arrastre. Transporte de granos en medio fluido.	Depósitos de canal. Relleno de un nuevo canal abierto por rompimiento de dique.
CAGg-GnCa	Conglomerado arenolodoso con Variación de guijas a gránulos, con gradación normal y clastos angulares.	Saltación-Arrastre. Flujo de sedimentos por gravedad.	Depósitos de fondo de canal. Barras longitudinales y transversales.
CG	Conglomerado de guijas	Saltación-Arrastre. Flujo de sedimentos por gravedad.	Depósitos de fondo de canal. Barras longitudinales y transversales.
CAIG	Conglomerado areno lodoso de guijas	Saltación-Arrastre. Flujo de sedimentos por gravedad.	Depósitos de fondo de canal. Barras longitudinales y transversales.
CAIG-Gn	Conglomerado areno lodoso de guijas con Gradación Normal	Saltación-Arrastre. Flujo de sedimentos por gravedad.	Depósitos de fondo de canal. Barras longitudinales y transversales.
CAGr	Conglomerado arenoso de guijarras	Saltación-Arrastre. Flujo de sedimentos por gravedad.	Depósitos de fondo de canal. Barras longitudinales y transversales.
CGrG	Conglomerado de guijarras a guijas	Saltación-Arrastre. Flujo de sedimentos por gravedad.	Depósitos de fondo de canal. Barras longitudinales y transversales.
Tfcf	Toba volcánica de ceniza fina	Flujo u oleada piroclástica	Deposición de ceniza y lapilli durante erupciones piroclásticas.
Tfcg	Toba volcánica de ceniza gruesa	Flujo u oleada piroclástica	Deposición de ceniza y lapilli durante erupciones piroclásticas.
Tfl	Toba Lítica	Flujo Piroclastico	Flujo a través de Dique piroclastico
Ig	Ignimbrita	Flujo Piroclastico	Flujo a través de Dique piroclastico.
Filc	Filita Cuarzítica	Altas presiones y Temperaturas, con agentes tectónicos. Foliación.	Metamorfismo Regional de bajo grado.
MeAr	Meta-Arenisca	Altas presiones y temperaturas.	Metamorfismo Regional de muy bajo grado.

## 11. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

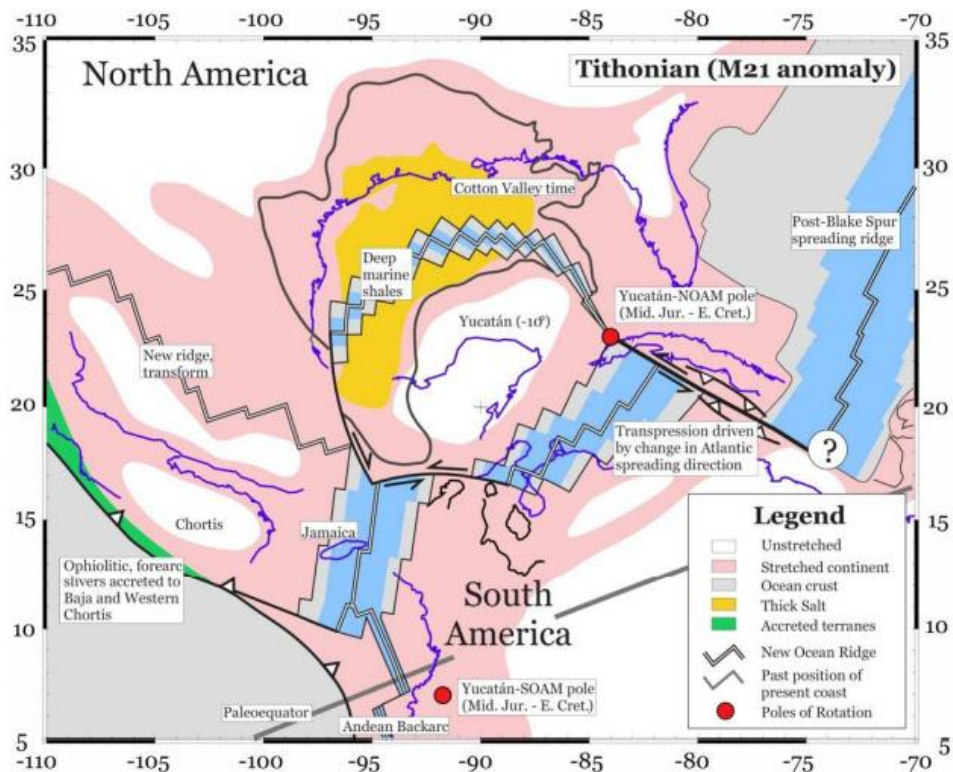
La Formación Jordán desde su identificación y separación del Grupo Girón, ha sido correlacionada y comparada con formaciones que tuvieron similar secuencia de eventos de depositación y tectonismo. Tal es el caso con la Formación Noreán propuesta por Clavijo (1996) y la Formación Guatapurí. De acuerdo a estas correlaciones, es necesario el conocimiento en cuanto al contexto tectónico en las cuales fueron depositadas estas formaciones.

El Jurásico colombiano es el resultado de acumulación y conservación de sedimentos principalmente continentales sobre una franja de dirección SSW-NNE (Mojica y Kammer, 1995). El comienzo de esta época se inicia con el proceso de ruptura de la Pangea, mediante un proceso de rifting intracontinental cuyas ramificaciones afectaron el noroccidente de la placa Suramericana, en interacción con la Norteamericana y Africana (Pindell y Kennan, 2001). Además, la zona de subducción del Pacífico Andino estaba activa en esa época (Maze, 1984) por lo que se generó la interacción de esos dos marcos tectónicos.

Las cuencas formadas por eventos de régimen extensivo se desarrollaron en las regiones actuales de Valle alto del Magdalena, Valle medio, Cordillera oriental, Serranías de Perijá-Mérida, Península de la Guajira y la Sierra nevada de Santa Marta.

Los rellenos del rift durante la etapa syn-rift, representan una primera tectonosecuencia, que fue conformada por las Formaciones Jordán, Girón, Los Santos y demás unidades del cretácico (Rolon, 2004). El Jurásico medio y Jurásico tardío se relaciona con eventos magmáticos por lo que un grupo litológico de rocas vulcanosedimentarias multicolores de ambiente subaéreo y con capas rojizas, se asocian a las Formaciones Jordán y Guatapurí (Mojica y Kammer, 1995) y también a la unidad volcanoclástica Noreán.

Figura 71. Marco tectónico del margen noroccidental de Suramérica durante el Jurásico Superior. Tomado de "Pindell et al, 2001".



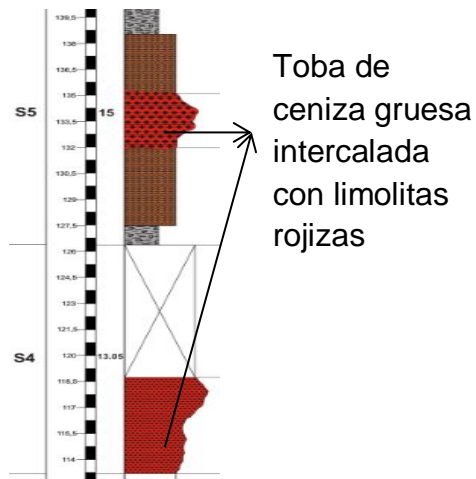
### 11.1 LA FORMACIÓN JORDÁN Y LA FORMACIÓN GUATAPURÍ

La Formación Guatapurí se calcula con un espesor aproximado entre 3000 hasta 5000 metros. Su nombre se debe al lugar en el que aflora: parte media del río Guatapurí. En dos conjuntos está compuesta hacia la parte más basal por rocas volcánicas con intercalaciones de limolitas, además de ocasionalmente conglomerados con cantos subangulares y en la parte más superior por limolitas rojizas violáceas con intercalación de rocas volcánicas, arcosas y grawacas intercaladas con tobas y otras rocas de origen volcánico.

De acuerdo a lo anterior, es necesario mirar la columna estratigráfica compuesta Blanquiscal Bajo de la Formación Jordán realizada en este proyecto. Una parte del conjunto superior de la Formación Jordán esta también compuesta por rocas de origen volcánico más específicamente tobas de ceniza

gruesa intercalada con capas de limolita rojiza tal como sucede en la Formación Guatapurí.

**Figura 72.** Parte del conjunto superior de la Formación Jordán. Limolitas y Tobas de ceniza.

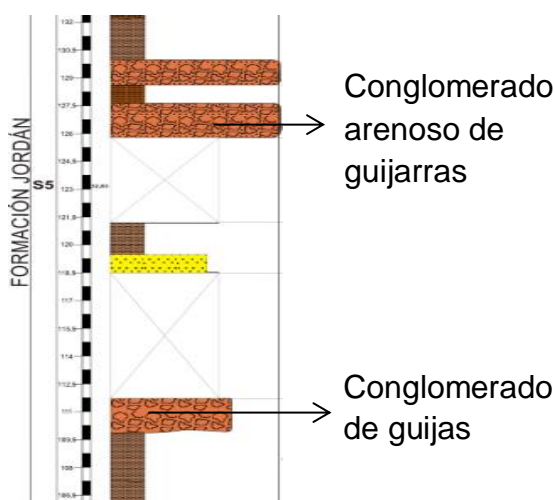


**Figura 73.** Limolitas y rocas volcánicas de la Formación Guatapurí.

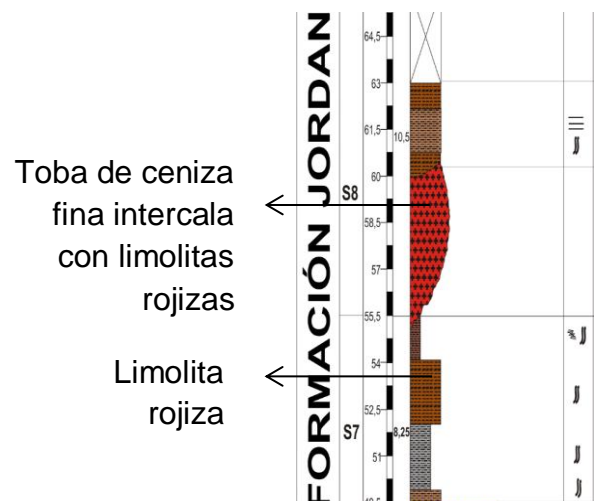


Además tal como ocurre en la Formación Guatapurí, en el conjunto inferior de la Formación Jordán más específicamente en la columna estratigráfica El Volador, se encuentran también conglomerados subredondeados y en la columna Villa Rosa rocas volcánicas intercaladas con limolitas.

**Figura 74.** Parte del conjunto inferior de la Formación Jordán, Columna El Volador.



**Figura 75.** Parte del conjunto inferior medio de la Formación Jordán, Columna El Volador.



De acuerdo a lo anterior, tanto para la Formación Jordán como para la Formación Guatapurí en el conjunto superior, existen tobas de ceniza intercaladas con limolitas rojizas, y en el conjunto inferior, conglomerados subredondeados asociados a un ambiente de abanico aluvial, y nuevamente tobas de ceniza intercalada con limolitas rojizas. Por estas razones es evidente que estas formaciones tienen un carácter litológico muy similar y que la depositación se generó bajo las mismas condiciones tanto tectónicas como ambientales. A pesar que la Formación Guatapurí contenga más material volcánico que la Formación Jordán, es indudable su estrecha similitud y su relación directa.

## **11.2 LA FORMACIÓN JORDÁN Y LA FORMACIÓN NOREÁN**

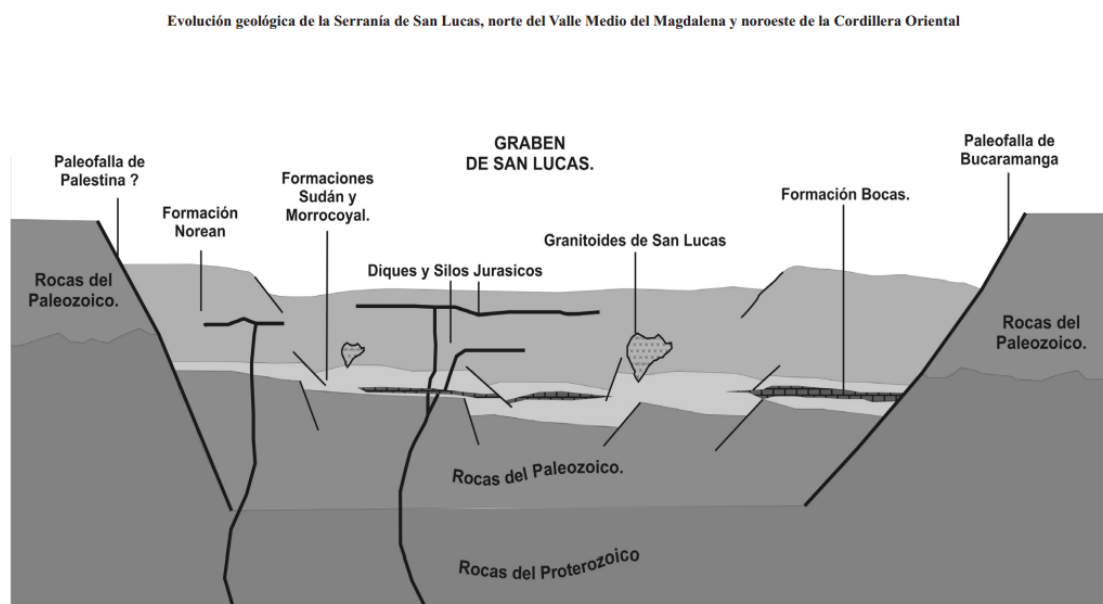
En estudios anteriores como en el de Falla de la Gloria de Ujueta (2004), la Formación Jordán fue incluida y/o citada como una unidad volcanoclástica de la Formación Noreán. La Formación Noreán constituye una secuencia volcanoclástica que aflora extensamente en el sector centro-oriental de la Serranía de San Lucas al Sur de Bolívar (Clavijo, 1995) y tiene una potente secuencia con más de 4000 m de espesor (Clavijo, 1996).

La Formación Jordán y la Formación Noreán fueron depositadas bajo un tiempo y proceso geológico muy similar en un evento volcanosedimentario que se da a principios del Jurásico mediante un proceso de rifting intercontinental y que termina con eventos magmáticos en el Jurásico medio y Jurásico tardío.

En el lapso Jurásico Temprano – Aptiano se produce el relleno de la cuenca en una fase sinrift (Cooper, 1995; Rolon, 2004; Figura 3). El fallamiento controla inicialmente la formación de depósitos fluviales de ríos trenzados (?) y meandriformes (?), y posteriormente ocurre la irrupción de un mar somero (?) (Geyer, 1982; Clavijo, 1996) que deposita los sedimentos. Este evento sedimentario continental y marino es acompañado de un incipiente volcanismo explosivo subaéreo, andesítico y riolítico. Simultáneamente con el hundimiento y ensanchamiento de la cuenca se produce un volcanismo explosivo que

aporta gran parte del material de relleno de la cuenca, y que conjuntamente con depósitos de flujos de lodo y fluviolacustres dan origen a la mencionada Formación Noreán.

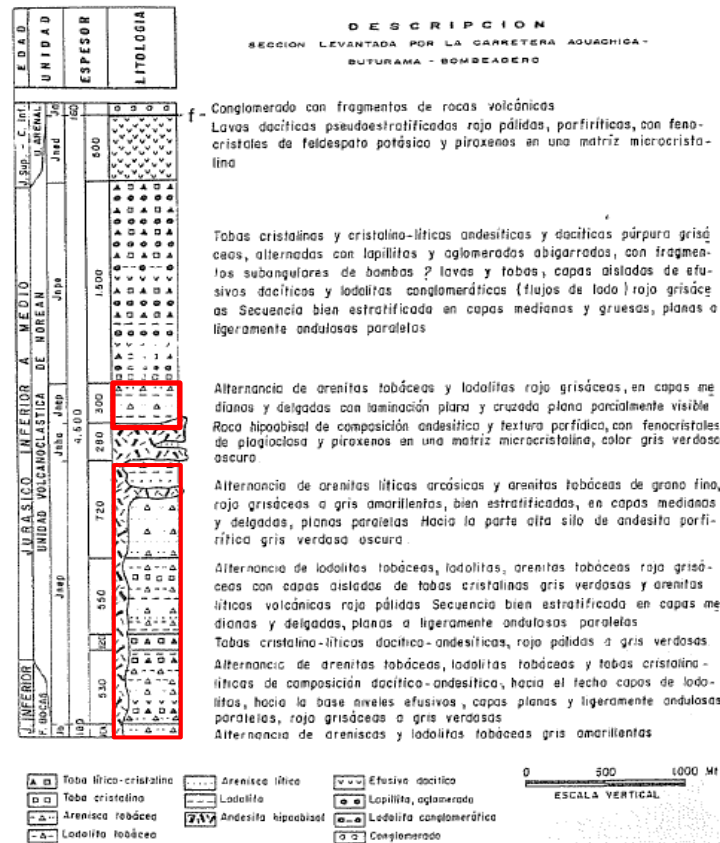
Figura 76. Corte esquemático del Triásico tardío-Jurásico temprano. Sedimentación de la Formación Noreán y actividad magmática. Graben de San Lucas. Tomado de *“Evolución geológica de la Serranía de San Lucas, norte del Valle Medio del Magdalena y noroeste de la Cordillera oriental, Clavijo et al (2008).”*



Daconte y Salinas (1980) cartografiaron el conjunto basal (Clástico-piroclástico) de la unidad volcanoclástica de Noreán como Formación Jordán en la región oriental de la Plancha 76 (Ocaña) considerándolo equivalentes de acuerdo a las capas rojizas. Este conjunto basal correlacionable con la Formación Jordán y constituyente de la Formación Noreán es uno de los cuatro que caracteriza esta unidad en la región oriental de la Plancha 75 (Aguachica) descritos como: Conjuntos Clástico- piroclástico; Piroclástico- epiclástico; Efusivo- dacítico; Hipoabisal- andesítico.

Más específicamente este conjunto Clástico-piroclástico está compuesto principalmente según Clavijo (1995) por alternancia de tobas cristalino-líticas, lodolitas y areniscas tobáceas en capas planas a ligeramente onduladas paralelas, además de areniscas rojo grisáceas y areniscas de grano fino gris amarillentas. Tal ocurre con la Formación Jordán en nuestro estudio, caracterizada principalmente por tobas de ceniza fina y gruesa, tobas liticas y soldadas, lodolitas y areniscas de coloraciones rojizas y grisáceas. Por lo anterior deja ver que la Formación Jordán y la Formación Noreán fueron depositadas bajo una sedimentación continental, influenciada ampliamente por volcanismo explosivo, en donde los centros de emisión de estos materiales piroclásticos estuvieron a una distancia media del área de depósito.

Figura 86. Columna estratigráfica de la Unidad Volcanoclástica Noreán. Dentro de cuadros rojos: Conjunto Clástico-piroclástico de la Fm Noreán Tomado de "Memoria explicativa Plancha 75- Aguachica, Clavijo (1995)"



## 12. CONCLUSIONES

- Se ha realizado el levantamiento de cuatro columnas estratigráficas de la Formación Jordán (Blanquiscal Alto, Blanquiscal Bajo, El Volador y Villa Rosa), identificándose tres conjuntos (Superior, Inferior medio, Inferior). Teniendo litológicamente características principales como: conjunto superior intercalaciones de limolitas con areniscas de grano muy fino y de arcillolitas con limolitas y tobas de ceniza, el conjunto inferior medio capas con tobas volcánicas y rocas piroclásticas y el conjunto inferior conglomerados de composición porfirítica de la facies del Granito de Pescadero.
- La Formación Jordán se formó bajo un ambiente continental fluvial y lacustre con vulcanismo. Para la interpretación de los ambientes fueron definidas las asociaciones faciales para cada una de las columnas estratigráficas arrojando como resultado ambientes de depósitos de llanuras de inundación, depósitos de canales abandonados, depósitos de fondo de canal, depósitos de relleno de canal abandonado, depósitos de fondo de canal, y depósitos de material piroclástico como ceniza y lapilli, entre otros.
- Para la Formación Jordán se verificó un aporte volcánico como depósitos piroclásticos, los cuales incluyen tobas de ceniza, tobas lítica e Ignimbritas, producto de un vulcanismo explosivo originado en ese período.
- La relación de la Formación Jordán respecto a la Formación Noreán y la Formación Guatapurí ubicada en la Sierra nevada de Santa Marta, es bastante notoria, presentando similares litologías en los conjuntos que la componen y dejando ver que su depositación ocurrió en similar tiempo geológico y bajo unas mismas condiciones tectónicas y sedimentológicas.

- Las rocas aflorantes del conjunto superior correspondientes a la sección Blanquiscal Bajo presentan una inversión de las capas, debido a la falla de tipo inverso que pone en contacto la Formación Silgará suprayaciendo a la Formación Jordán. Esta falla la cual no se encontraba datada en el mapa geológico 1:100000, es la responsable del adelgazamiento de la Formación Jordán en nuestra zona de estudio.

### 13. RECOMENDACIONES

- Se recomienda el levantamiento de nuevas columnas estratigráficas de la Formación Jordán para realizar correlaciones entre ellas y así mejorar el conocimiento de esta formación.
- Se sugiere realizar un estudio estructural más detallado en la zona, que complementado con la herramienta estratigráfica, nos lleva a un mayor entendimiento en la búsqueda de un modelo evolutivo.
- Se propone una cartografía a más detalle en la zona para la interpretación de la evolución y sedimentación de las unidades geológicas presentes.
- Se propone un mejor estudio para los aportes volcanoclásticos presentes en la Formación Jordán a través de caracterización geoquímica que permita una mejor definición de los depósitos y su génesis.
- Se recomienda un muestreo más continuo para la Formación Jordán, debido a que en nuestra zona se presentaba un gran número de segmentos cubiertos.

## BIBLIOGRAFÍA

- ARCHE, A. Sedimentología del proceso físico a la cuenca sedimentaria Consejo superior de investigaciones científicas, Madrid, 2010.
- ALLEN, P., ALLEN, J. Basin analysis principles and applications. Blackwell publishing editorial, Australia, second edition, 2005.
- BARRAGAN, R., CAMPOS-MADRIGAL, E., FERRUSQUÍA-VILLAFRANCA, I., LÓPEZ-PALOMINO, I., y TOLSON G. Código estratigráfico Norteamericano. Universidad Nacional Autónoma de México, Boletín 117, 2010.
- BOGGS, S. Principles of Sedimentology and Stratigraphy. Pearson Education Editorial. United States of America, 4<sup>th</sup> Edition, Cap 12, 2006.
- CÁCERES, C., CEDIEL, F., ETAYO, F. Guía introductoria de la distribución de facies sedimentarias de Colombia. Ingeominas, 2003.
- CASTRO, A. Petrografía básica, texturas, clasificación y nomenclatura de las rocas. Paraninfo S.A. Madrid. Universidad de Sevilla, 1989.
- CEDIEL, F. Grupo Girón, una molasa Mesozoica de la Cordillera Oriental. Boletín Geológico, 1968, Vol. 16 No 1-3: 5 – 96.
- CLAVIJO, J., MANTILLA, L., PINTO, J., BERNAL, L. y PEREZ, A. Evolución geológica de la serranía de San Lucas, norte del Valle Medio del Magdalena y noroeste de la Cordillera Oriental. Boletín de Geología. 2008. Vol. 30, N°1.
- ECHEVESTE, H., FERNÁNDEZ, R. Fragmentación por flujo en la ignimbrita Las Lajas, Formación Chon Aike, Macizo del Deseado. Universidad de La Plata y CICBA. Facultad de Ciencias Naturales, 2011.
- EINSELE, G. Sedimentary Basin. Evolution, facies and sediment. Editorial Springer-Verlag, Berlín-Heidelberg, Germany. First edition. 2000.
- ETAYO-SERNA, F. y LAVERDE F. Proyecto Cretácico. Publicaciones Geológicas Especiales Del Ingeominas, 1985, No 16-. ISSN-0120-078X.

- GÓMEZ, J. y CUERVO, R. Estudio geológico enfocado a la caracterización paisajística de la Mesa de Los Santos, Santander, Colombia. Trabajo de Grado, Universidad Industrial de Santander, Facultad Físicoquímica, Escuela de Geología. Bucaramanga, 2012.
- GÓMEZ-VALENCIA A. Petrología y geoquímica del volcanismo Oligoceno-Mioceno medio de Rayón, Sonora: énfasis en el estudio y significado del volcanismo híperalcalino en la región. Capítulo 5. 2011.
- GRUPO DE INVESTIGACIÓN SOBRE DESARROLLO REGIONAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL, GIDROT. Santander 2030. Diagnóstico dimensión biofísico ambiental territorial de Santander. Departamento de Santander, Secretaria de Planeación. Universidad Industrial de Santander, 2011.
- JULIVERT, M., BARRERO, D., NAVAS, J. Geología de la Mesa de los Santos. Universidad Industrial de Santander. Boletín de Geología. 1964. N° 18. pp. 5-11.
- MARTINEZ, A., PEREZ, A. Estudio cartográfico geológico preliminar a escala 1:25.000 de la plancha 96-I-C: Sector Monterrey-Pozo azul (Serranía de San Lucas, departamento de Bolívar). Trabajo de Grado, Universidad Industrial de Santander, Facultad de Físicoquímica, Escuela de Geología. Bucaramanga, 2006.
- MIALL, A. Depositional sedimentary environments. Editorial Springer-Verlag, Berlín-Heidelberg-Germany. 4<sup>th</sup> Edition. 2006.
- PERKINS, D., HENKE, K. Minerales en Lámina delgada. Pearson educación, S.A., Madrid, 2002. ISBN: 84-205-3552-4.
- RINCON, M. Estratigrafía de la Formación Los Santos en las secciones estratigráficas La Punta, Carrizal (Mesa de Los Santos) y La Cuevana (Curiti), Departamento de Santander. Trabajo de Grado, Universidad Industrial de Santander, Facultad de Físicoquímica, Escuela de Geología. Bucaramanga, 2008.
- ROCHA, M. Estudio facial de la secuencia de la Formación Girón aflorante sobre la carretera que conduce al Ruitoque Golf Club. Trabajo de Grado, Universidad Industrial de Santander, Facultad de Físicoquímica, Escuela de Geología. Bucaramanga, 2005.

- ROYER, J., y CLAVIJO, J. Mapa Geológico Generalizado Departamento de Santander. Instituto de Investigaciones e Información Geocientífica, Minero-Ambiental y Nuclear INGEOMINAS. Ministerio de Minas y Energía. 2001.
- SARMIENTO, L. Petroleum Geology of Colombia: Geology and hydrocarbon potencial regional geology of Colombia. Editado por Cediell, F. y Ojeda, G. Universidad EAFIT , 2011.
- TORRES, J., LABARTHE, G., AGUILLÓN, A., GÓMEZ, M., y MATA, L. The pyroclastic dikes of the Tertiary San Luis Potosí volcanic field: Implications on the emplacement of Panalillo ignimbrite. Geofísica Internacional, 2006, Vol. 45, Num. 4, pp. 243-253.
- UJUETA, G. Falla la gloria, una importante falla normal en la parte más septentrional de la Serranía de San Lucas y el Valle Medio del Magdalena y geología del área. Geología Colombiana No. 29, Diciembre,2004.
- VERA, J. Estratigrafía principios y métodos. Editorial Rueda, Madrid; 1994, Capítulos 6,7 y 10.
- WALKER, R. Facies models second edition. Geoscience Canada, Reprint Series 1. 1984.
- WARD, D., GOLDSMITH, R., CRUZ, J., RESTREPO, H. Geología de los cuadrangulos H-12 Bucaramanga y H-13 Pamplona Departamento de Santander. Boletín Geológico, 1973, Volumen XXI. No 1-3.
- WARD, D., GOLDSMITH, R., JIMENO, A., CRUZ, J., RESTREPO, H., GOMEZ, E. Geología de la Plancha 120 Bucaramanga. Instituto Colombiano de Geología y Minería INGEOMINAS, 1977, Convenio 514-L-030 de la A.I.D.