

Caracterización Estratigráfica Y Sedimentológica Del Conglomerado Rojo (Miembro Tambor)
De La Formación Rio Lebrija (Grupo Girón)

José Manuel Torres Parada, Jorge Andrés Lizarazo Pabón

Trabajo de Grado para optar al título de Geólogo

Director

Jairo Clavijo Torres

Geólogo Msc.

Codirector

Carlos Alberto Ríos Reyes

Geólogo PhD.

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Físicoquímicas

Escuela de Geología

Bucaramanga

2020

Dedicatoria

A mi madre, Ana Mercedes por su amor eterno y su apoyo incondicional en cada uno de los proyectos y actividades que realizo.

A la memoria de mi padre, José Manuel Torres Mantilla. Yo soy tu sangre, mi viejo.

A mis hermanos, sobrinos, tíos, tías, primos y la Negra por acompañarme y contribuir en mi crecimiento personal.

A los maestros, por sus esfuerzos en formar mejores personas y profesionales para esta sociedad.

A todos aquellos que comparten conmigo la misma pasión y amor por la Geología. Que estos sentimientos nos acompañen por siempre y nos motiven a ser cada vez mejor.

A don Saúl, a su Esposa, a don Kiko Gómez, a don Alejandro Orozco y todas las demás personas que trabajan en el campo colombiano. De ellos he aprendido cuán millonarios somos con el solo hecho de vivir en este hermoso país.

“Gloria y reposo son dos cosas que no pueden cobijarse bajo el mismo techo”

MICHEL DE MONTAIGNE

José Manuel Torres Parada

Dedicatoria

A mis padres Jesús y Amparo por su inmenso apoyo durante esta y cada una de las etapas de mi vida. Sus enseñanzas me permitieron ser la persona que soy.

A mis hermanas Mariagna y Valeria por su motivación y momentos especiales que me ayudaron en muchos momentos de mi vida.

A mi entrenador Cesar Sánchez por su acompañamiento y guía durante mi etapa en la Selección de Natación UIS.

A los amigos que me ha dejado la natación y el deporte, con los que he compartido esta pasión que marcó mi vida.

A mis amigos de geología por su apoyo y aporte directa o indirectamente en mi formación profesional.

Jorge Lizarazo

Agradecimientos

Los autores del presente trabajo de grado agradecen:

A la Universidad Industrial de Santander por formarnos académicamente y por los recursos proporcionados para la elaboración de este proyecto.

Al profesor Jairo Clavijo Torres por brindarnos su asesoría, amistad y confianza durante nuestra etapa académica y durante la realización de este trabajo de grado.

Al biólogo Gustavo Adolfo Torres por su apoyo y colaboración en la fase de campo.

Tabla de Contenido

Introducción	17
1. Objetivos	19
1.1 Objetivo General	19
1.2 Objetivos Específicos.....	19
2. Metodología	20
3. Localización	22
4. Marco Teórico.....	23
4.1 Conglomerados: Textura y Composición	23
4.2. Facies	29
4.3 Procedencia.....	36
5. Marco Geológico	40
6. Antecedentes	45
7. Resultados.....	50
7.1 Estratigrafía.....	50
7.1.1. Sección Peña Morada.....	51
7.1.1.1. Columna Peña Morada 1.....	51
7.1.1.2. Columna Peña Morada 2.....	67
7.1.2. Sección El Cerro	75

7.2 Evidencias de Deformación	90
8. Facies	93
8.1. Litofacies.....	93
8.2. Asociación Facial.....	98
9. Discusión.....	101
9.1. Nomenclatura estratigráfica, sección tipo y sección de referencia	101
9.2. Paleoambiente y Diagénesis del Miembro Tambor	102
9.3. Procedencia del Miembro Tambor.....	104
10. Conclusiones	106
11. Recomendaciones	108
Referencias Bibliográficas	109

Lista De Tablas

<i>Tabla 1 Tamaño de Grano para la fracción grava. Adaptado de Folk (1974)..</i>	23
<i>Tabla 2 Clasificación de las facies detríticas fluviales. Adaptado de Miall (1996).</i>	29
<i>Tabla 3 Elementos arquitecturales en depósitos fluviales. Adaptado de Walker et al. (1992)</i>	32
<i>Tabla 4 Parámetros por analizar en análisis modal de areniscas. Adaptado de Ingersoll et al. (1984).</i>	37
<i>Tabla 5. Asociaciones Faciales identificadas en este trabajo.</i>	98

Lista De Figuras

<i>Figura 1. Diagrama con la metodología a seguir.</i>	21
<i>Figura 2. Localización del Área de Estudio.</i>	22
<i>Figura 3. Textura de conglomerados según su porcentaje de matriz.</i>	24
<i>Figura 4. Fábrica de conglomerados según la orientación de los clastos.</i>	25
<i>Figura 5. Diferentes tipos de estratificación en conglomerados.</i>	25
<i>Figura 6. Clases de gradación dentro de una capa. Adaptado de Harms et al. (1975).</i>	25
<i>Figura 7. Diagrama para clasificación textural de rocas detríticas. Adaptado de Folk (1974) .</i>	26
<i>Figura 8. Diagrama para clasificación de conglomerados teniendo en cuenta su composición.</i>	27
<i>Figura 9. Clasificación de conglomerados basado en el tipo de clastos.</i>	28
<i>Figura 10. Elementos arquitecturales básicos en sistemas fluviales.</i>	31
<i>Figura 11. Modelos de secuencias para conglomerados resedimentados.</i>	33
<i>Figura 12. Tipos de barras de gravas en sistemas fluviales.</i>	34
<i>Figura 13. Relación entre los tipos de barras y estratificación.</i>	35
<i>Figura 14. Modelo de secuencia vertical para depósitos de flujo de detritos. Adaptado de Harms et al. (1975).</i>	36
<i>Figura 15. Diagrama para evaluar la procedencia de las areniscas. Adaptado de Dickinson (1985)</i>	
.....	38

<i>Figura 16. Estrategias de muestreo para el conteo de clastos en múltiples posiciones estratigráficas. Adaptado de Howard (1993).....</i>	<i>39</i>
<i>Figura 17. Métodos para el conteo de clastos en conglomerados. A. Conteo por cuadrícula; B. Conteo lineal; C. Conteo de área. Únicamente los clastos claros entran en el conteo. Adaptado de Howard (1993).....</i>	<i>40</i>
<i>Figura 18. Columna estratigráfica generalizada del área de estudio.</i>	<i>44</i>
<i>Figura 19. Mapa geológico del área de estudio elaborado en este trabajo.....</i>	<i>52</i>
<i>Figura 20. Afloramiento Columna Peña Morada 1, Azimut 295°.....</i>	<i>56</i>
<i>Figura 21. Columna Estratigráfica Peña Morada 1.</i>	<i>57</i>
<i>Figura 22. Petrografía de la muestra SRL2-1.....</i>	<i>58</i>
<i>Figura 23. Petrografía de la muestra SRL-9.....</i>	<i>59</i>
<i>Figura 24. Petrografía de la muestra SRL-1.....</i>	<i>60</i>
<i>Figura 25. Grilla 1.....</i>	<i>61</i>
<i>Figura 26. Grilla 2.....</i>	<i>62</i>
<i>Figura 27. Grilla 3.....</i>	<i>62</i>
<i>Figura 28. Grilla 4.....</i>	<i>63</i>
<i>Figura 29. Grilla 5.....</i>	<i>64</i>
<i>Figura 30. Grilla 6.....</i>	<i>64</i>
<i>Figura 31. Grilla 7.....</i>	<i>65</i>
<i>Figura 32. Grilla 8.....</i>	<i>66</i>

<i>Figura 33. Clasificación textural de las muestras de la Columna Peña Morada 1. Adaptado de Folk (1974).</i>	66
<i>Figura 34. Clasificación composicional de las muestras de la Columna Peña Morada 1.</i>	67
<i>Figura 35. Columna Estratigráfica Peña Morada 2.</i>	71
<i>Figura 36. Petrografía de la muestra SCS-15</i>	72
<i>Figura 37. Petrografía de la muestra SCS-15</i>	73
<i>Figura 38. Clasificación textural de las muestras de la Columna Caño Seco 2. Adaptado de Folk (1974).</i>	74
<i>Figura 39. Clasificación composicional de las muestras de la Columna Caño Seco 2.</i>	74
<i>Figura 40. Poligonal elaborada en la Sección El Cerro.</i>	77
<i>Figura 41. Afloramiento basal del Segmento 1. Areniscas con laminación interna. Az 330°</i>	81
<i>Figura 42. Afloramiento segmento 7. Conglomerado de guijos color rojo claro y matriz arenosa. Az 200°</i>	81
<i>Figura 43. Afloramiento del segmento 11. Conglomerado clasto-soportado con partículas subredondeadas y subangulares. Az 220°</i>	81
<i>Figura 44. Columna estratigráfica Sección El Cerro.</i>	82
<i>Figura 45. Parte media de la Sección El Cerro (Segmento 13). Azimut 270°.</i>	83
<i>Figura 46. Areniscas y lodolitas del tope de la Sección El Cerro (Segmento 16). Azimut 230°.</i>	83
<i>Figura 47. Petrografía de la muestra SEC-14.</i>	84
<i>Figura 48. Petrografía de la muestra SEC-2122.</i>	85

<i>Figura 49. Petrografía de la muestra SEC-3839.</i>	86
<i>Figura 50. Petrografía de la muestra SEC2-61.</i>	87
<i>Figura 51. Petrografía de la muestra SEC2-70.</i>	87
<i>Figura 52. Clasificación textural de las muestras de la Sección El Cerro. Tomado de Folk (1974).</i>	89
<i>Figura 53. Clasificación composicional de las muestras de la Sección El Cerro.</i>	89
<i>Figura 54. Clastos deformados en la Sección Peña Morada.</i>	90
<i>Figura 55. Clastos fracturados presentes en la Columna Caño Seco.</i>	90
<i>Figura 56. Falla local de cinemática normal en la Sección Peña Morada. Az 290°.....</i>	91
<i>Figura 57. Clastos fracturados mostrando movimiento. Sección El Cerro.</i>	92
<i>Figura 58. Clastos fracturados y pulidos.</i>	92
<i>Figura 59. Brecha asociada a la Falla Chafarota.</i>	92
<i>Figura 60. Facies descritas en este trabajo.....</i>	97
<i>Figura 61. Bloquediagrama esquemático del ambiente de depósito del Miembro Tambor.</i>	104
<i>Figura 62. Muestras de areniscas ilustradas en el diagrama que con los diferentes tipos de procedencia. Adaptado de Dickinson (1985).....</i>	105

Lista de Apéndices

**(Ver apéndices adjuntos en el CD y pueden visualizarlos en la Base de Datos de la
Biblioteca UIS)**

Apéndice A. Columna estratigráfica sección El Cerro.

Resumen

Título: Caracterización Estratigráfica Y Sedimentológica Del Conglomerado Rojo (Miembro Tambor) De La Formación Rio Lebrija (Grupo Girón) *

Autores: José Manuel Torres Parada, Jorge Andrés Lizarazo Pabón **

Palabras Clave: Miembro Tambor, Análisis Facial, Procedencia, Paleoambiente.

Descripción:

El Grupo Girón es una sucesión sedimentaria de edad Jurásico Superior-Cretácico Inferior que aflora en la Cordillera Oriental de Colombia. Esta unidad está constituida por las Formaciones Rio Lebrija y la Formación Los Santos. En el tope de la Formación Río Lebrija se encuentra el Miembro Tambor, el cual contrasta notablemente con las litologías supra e infrayacentes. Pese a que la estratigrafía en esta parte de la Cordillera Oriental de Colombia ha sido ampliamente estudiada, no se tiene una caracterización a detalle de esta unidad. Con el objetivo identificar las características estratigráficas, estructurales y espaciales de este miembro, se elaboró un mapa geológico escala 1:12500, se realizó un análisis facial a partir de columnas estratigráficas generadas en las secciones Peña Morada y El Cerro y se llevó a cabo un análisis preliminar de procedencia de sedimentos mediante petrografía y conteo de clastos. Las litologías del Miembro Tambor son conglomerados, predominantemente clasto-soportados, monomícticos, dispuestos en capas gruesas y muy gruesas, muy mal calibradas, con clastos de tamaño guijarros y bloques, subredondeados y subangulares. Estas capas están interestratificadas con areniscas que varían entre textura grano medio a muy grueso, dispuestas en capas medias, con geometría predominantemente tabular y ondulosa en algunos sectores. El color constituye un rasgo distintivo, siendo gris a la base y hacia la parte media y tope cambia a rojo grisáceo y rojo oscuro. Las asociaciones faciales permiten identificar que los sedimentos del Miembro Tambor fueron depositados en un ambiente continental, relacionado con sistemas de abanicos aluviales, dominado por episodios de flujos de detritos, alternados con depósitos generados por corrientes acuosas. Con base en las características texturales y composicionales de los sedimentos que constituyen esta unidad litoestratigráfica, se concluye que la principal fuente de aporte de los materiales es la Formación Jordán.

*Trabajo de Grado.

**Facultad de Ingenierías Físicoquímicas. Escuela de Geología. Director Jairo Clavijo Torres. Codirector: Carlos Alberto Ríos Reyes.

Abstract

Title: Stratigraphic and Sedimentologic Characterization of The Red Conglomerate (Tambor Member) Of the Rio Lebrija Formation (Giron Group) *

Authors: José Manuel Torres Parada, Jorge Andrés Lizarazo Pabón **

Key Words: Tambor Member, Facial Analysis, Provenance, Paleoenvironment.

Description:

The Giron Group is a sedimentary succession of Upper Jurassic-Lower Cretacic age that is present in the Eastern Cordillera (Colombia). This unit is made up of the Rio Lebrija Formation and Los Santos Formation. At the top of the Rio Lebrija Formation is the Tambor Member, contrasting notably with the lithologies of the base and top. Although the stratigraphy in this part of the Eastern Cordillera of Colombia has been widely studied, there is no detailed characterization of this unit. In order to identify the stratigraphic, structural and spatial characteristics of this member, a 1:12500 scale geological map was made, a facial analysis was performed from stratigraphic columns generated in the Peña Morada and El Cerro sections. A preliminary analysis of provenance was carried out utilizing petrography and clast counting. The lithologies of the Tambor Member are matrix and clast-supported conglomerates, monomictic. These are arranged in thick and very thick layers, very poor calibrated, with grain- size between pebble and blocks, and with sub-rounded and sub-angular clasts. These layers are intercalated with sandstones varying from medium to very coarse grain texture, arranged in medium layers, with predominantly tabular and wavy geometry in some sectors. The color is a distinctive feature, being grey at the base and, it changes to greyish red and dark red towards the middle and the stratigraphic top. Facial associations allow us to identify that sediments of the Tambor Member were deposited in a continental environment, related to alluvial fan systems, dominated by episodes of debris flows, alternated with deposits generated by aqueous currents. Based on the textural and compositional characteristics of the sediments that constitute this lithostratigraphic unit, is probable that the primary source of the contribution of the materials is the Jordan Formation.

*Bachelor of Science thesis

** Faculty of Physico-chemical Engineering. School of Geology. Director: Jairo Clavijo Torres. Co-director: Carlos Alberto Ríos Reyes.

Introducción

En el flanco occidental de la Cordillera Oriental de Colombia, el Grupo Girón (sensu Cediél, 1968) está conformado por las Formaciones Río Lebrija (Etayo-Serna, 1989. Simplificado por Clavijo y Camacho, 1993) y la Formación Los Santos. La Formación Río Lebrija está constituida por areniscas de grano medio, grueso y ligeramente conglomeráticas, color rojo oscuro y gris verdoso, con interestratificaciones de lodolitas rojizas, mientras que la Formación Los Santos está constituida por areniscas conglomeráticas con intercalaciones ocasionales de *red beds* y lodolitas grises oscuro (Cediél, 1968)

Hacia el tope de la Formación Río Lebrija aflora una sucesión predominantemente conformada por conglomerados, la cual ha sido estudiada en diversas investigaciones como en Hedberg (1931), Morales (1958), Navas (1963) y Cediél (1968). En esta última se le denomina Conglomerado Rojo. Seguidamente, Etayo-Serna (1989) propone el nombre Miembro Tambor, con la sección tipo en el Km 95 de la vía antigua del Ferrocarril que comunica a Bucaramanga con Puerto Wilches.

Pese a que la estratigrafía en esta zona ha sido ampliamente estudiada, no se tiene una caracterización detallada de esta unidad, la cual contrasta notablemente con aquellas supra e infrayacentes, respectivamente. Partiendo de lo anterior, este trabajo nace con el objetivo de identificar las características estratigráficas y sedimentológicas del Miembro Tambor.

El interés de estudiar esta unidad litoestratigráfica radica en la necesidad de revisar la nomenclatura de la cuenca del Valle Medio del Magdalena y reconstruir los procesos sedimentológicos que ocurrieron durante el límite Jurásico-Cretácico. Asimismo, este trabajo se

ejecutó bajo la necesidad que se tiene de investigar aquellos cuerpos de roca de los que se conoce poco, con el fin de comprender mejor la geología de esta parte del país y dar solución a algunos problemas generados respecto al nombre y dimensiones espaciales que alcanzan las unidades litoestratigráficas.

Se llevó a cabo una recopilación bibliográfica y una campaña de campo para obtener información y con esto realizar una cartografía geológica actualizada del área de estudio a escala 1:12500. Asimismo, se elaboraron columnas estratigráficas de los tramos más representativos, con el fin de identificar las condiciones paleoambientales que influyeron en el ambiente de depositación. Esta información, junto con análisis petrográfico y conteo de clastos, fue clave para determinar la procedencia de los materiales que constituyen el Miembro Tambor.

1. Objetivos

1.1 Objetivo General

Identificar las características estratigráficas, estructurales y espaciales del *Conglomerado Rojo* (Miembro Tambor) del Grupo Girón en el Nororiente del departamento de Santander.

1.2 Objetivos Específicos

Determinar las dimensiones espaciales y las relaciones estratigráficas del *Conglomerado Rojo* (Miembro Tambor) con las unidades suprayacentes e infrayacentes, al igual que su espesor.

Identificar las condiciones paleoambientales que influyeron en el ambiente de depositación del *Conglomerado Rojo* (Miembro Tambor) mediante análisis de facies.

Establecer las principales estructuras deformacionales que afectan el área de estudio.

Realizar un análisis de procedencia preliminar mediante análisis petrográfico y conteo de clastos en las columnas estratigráficas detalladas elaboradas.

2. Metodología

Fase 1. Precampo - Recopilación Bibliográfica. Inicialmente se llevó a cabo una recopilación y lectura de los diferentes documentos relacionados con el área de interés en los cuales se han tratado aspectos geológicos importantes incluyendo su estratigrafía y evolución tectónica, como lo son tesis de pregrado, posgrado, informes de campo, libros, artículos y memorias explicativas, obtenidos por medio de la base de datos de la Universidad Industrial de Santander y del Servicio Geológico Colombiano (SGC), ANH, Geología Colombiana. Adicionalmente, previo a la ejecución del trabajo de campo se realizó un reconocimiento del área de estudio por medio de aplicaciones como Google Earth en donde se identificaron los rasgos geomorfológicos, estructurales y litológicos más sobresalientes, así como las principales vías y caminos de acceso con el fin de trazar rutas y zonas de mayor interés para la fase de campo.

Fase 2. Campo. En esta fase se utilizó la metodología del Proyecto Cretácico (Etayo-Serna, 1985). Se realizó un control cartográfico mediante estaciones de campo y toma de datos estructurales, identificando las unidades aflorantes con base en las descripciones litológicas realizadas por diversos autores. Las columnas estratigráficas de la sección Peña Morada fueron elaboradas a partir del método del bastón de Jacob (Compton, 1985), mientras que en la sección El Cerro la columna estratigráfica se elaboró tanto con este método como con el método de poligonal abierta. En las dos secciones se recolectaron muestras para petrografía y además se llevó a cabo conteo de clastos siguiendo la metodología de Howard (1993). Las rocas sedimentarias fueron clasificadas bajo la propuesta de Folk (1974) y el espesor de los estratos se describió de acuerdo con los definidos por Cambell (1967).

Fase 3. Post Campo

- **Trabajo de laboratorio.** Se hizo un análisis petrográfico a las 10 muestras más representativas. Se llevó a cabo un análisis textural y composicional detallado mediante conteo de 200 puntos en el laboratorio de petrografía de la Universidad Industrial de Santander, teniendo como referencia a Folk (1974) y la guía de sedimentología de Cruz et al (2007).
- **Procesamiento y análisis de resultados.** Con la información adquirida en campo y obtenida de la bibliografía se elaboró un mapa geológico del área de interés a escala 1:12500. Seguidamente, se digitalizaron las columnas estratigráficas realizadas en campo, con las cuales se identificaron las diferentes características texturales y composicionales de las litologías aflorantes en el área de estudio. Fundamentados en esta información y también las características observadas en la petrografía, se llevó a cabo un análisis facial y de procedencia del material que constituye esta unidad, aplicando los diagramas propuestos Dickinson (1985). Asimismo, Con las evidencias de deformación observadas en campo, se identificaron las estructuras que afectan el área de estudio.

La figura 1 muestra un diagrama explicativo de la metodología llevada a cabo.

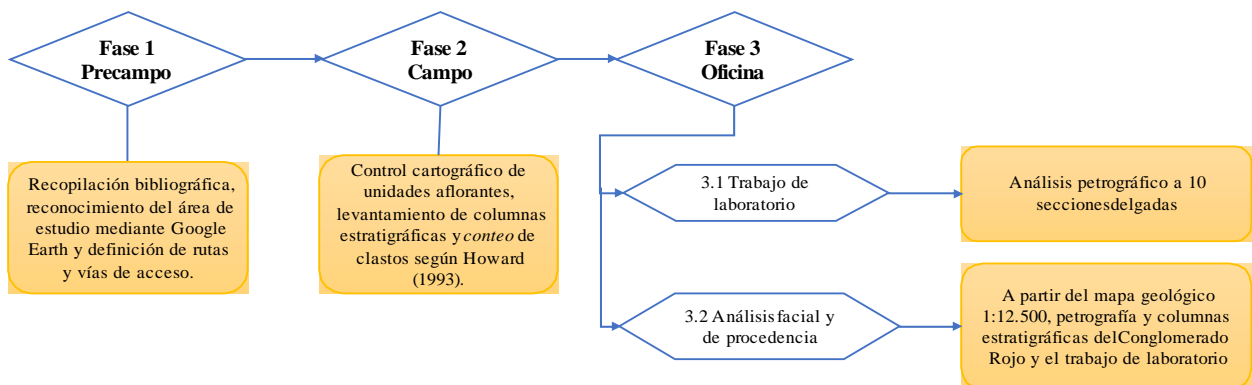


Figura 1. Diagrama con la metodología a seguir.

3. Localización

La zona de estudio se ubica geográficamente en el departamento de Santander, al noroeste de Bucaramanga. Comprende la zona rural de los municipios de Lebrija y Rionegro, en el Km 18 de la carretera que comunica al corregimiento de Bocas con el Conchal, por la antigua vía del Ferrocarril, plancha topográfica 109-IV-A escala 1:25000 del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). Del mismo modo, se localiza en las estribaciones occidentales de la Cordillera Oriental de Colombia, en la sección tipo del Grupo Girón.

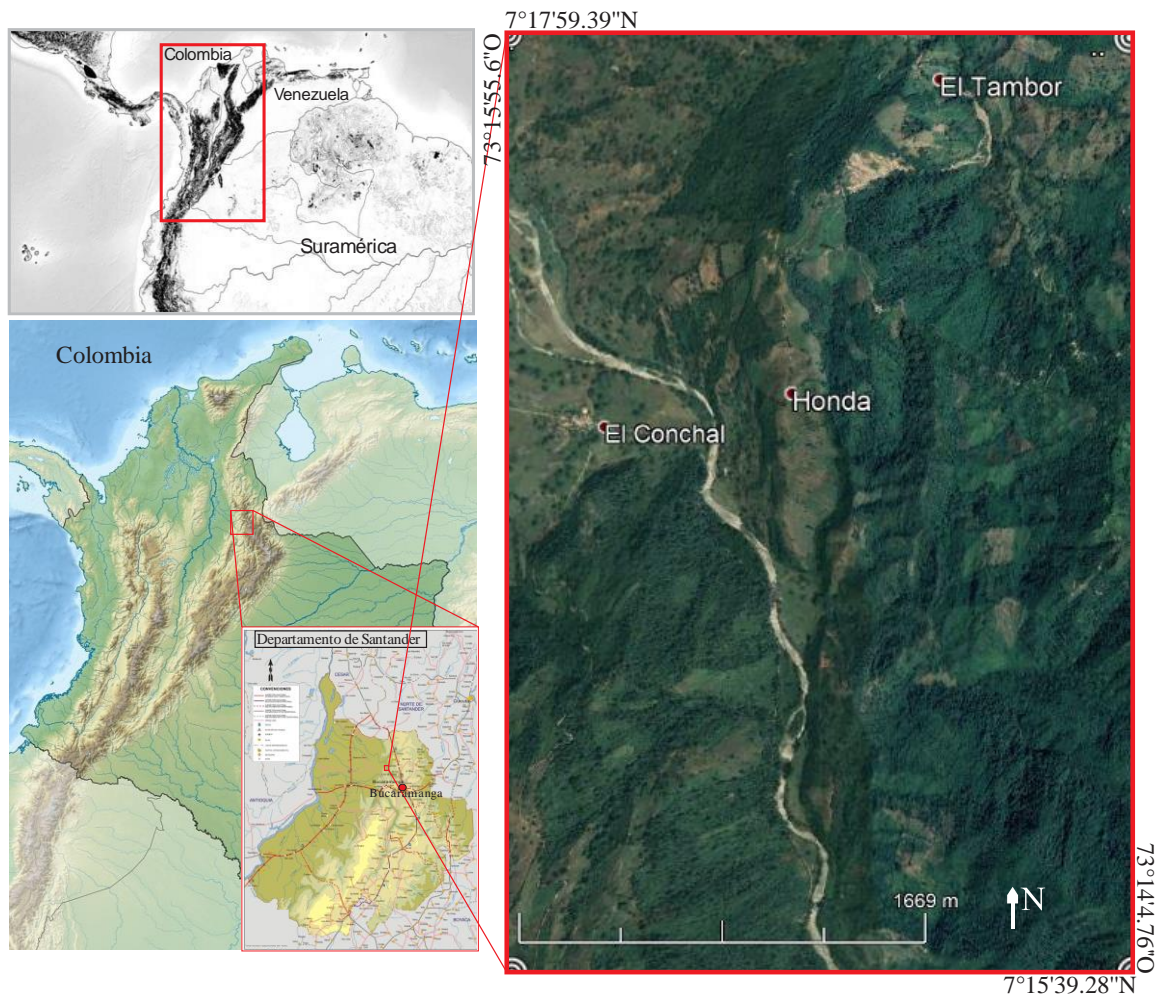


Figura 2. Localización del Área de Estudio.

4. Marco Teórico

4.1 Conglomerados: Textura y Composición

El termino conglomerado es usado para denominar a aquellas rocas sedimentarias que contiene al menos 30 por ciento de partículas de tamaño grava (>2 mm). Los conglomerados son comunes en sucesiones estratigráficas de todas las edades, Son cercanamente relacionados a areniscas en términos de origen y mecanismos depositacionales, y contienen algunos de los mismos tipos de estructuras sedimentarias. (Boggs et al., 2006)

Tabla 1.

Tamaño de Grano para la fracción grava. Adaptado de Folk (1974).

Tamaño de partículas (mm)	Clase de tamaño Wentworth	Clase Mayor	Una vez litificado el sedimento
>256	Bloques	Grava	Conglomerado
16-256	Guijarros		
4-16	Guijos		
2-4	Gránulos		

- **Índice de color.** Esta clasificación se hace teniendo en cuenta la carta de color de rocas de Munsell (2009)
- **Espesor de las capas.** El espesor de los estratos se clasifica según lo propuesto por Campbell (1967).

- **Selección y distribución del tamaño.** La selección o calibrado es la medida de la uniformidad o de variación en los tamaños de las partículas en una roca sedimentaria. Este parámetro es reflejo directo de la energía de un medio y de su capacidad para seleccionar los tamaños de las partículas que transporta y que deposita (Folk 1981). La distribución del tamaño varía dependiendo de la relación porcentual entre los clastos y la matriz. Cuando los clastos de un conglomerado están en contacto entre sí, su textura es clasto-soportada, mientras que la textura en aquellas litologías donde los clastos se separan por sedimentos de grano más fino se denomina matriz-soportada.

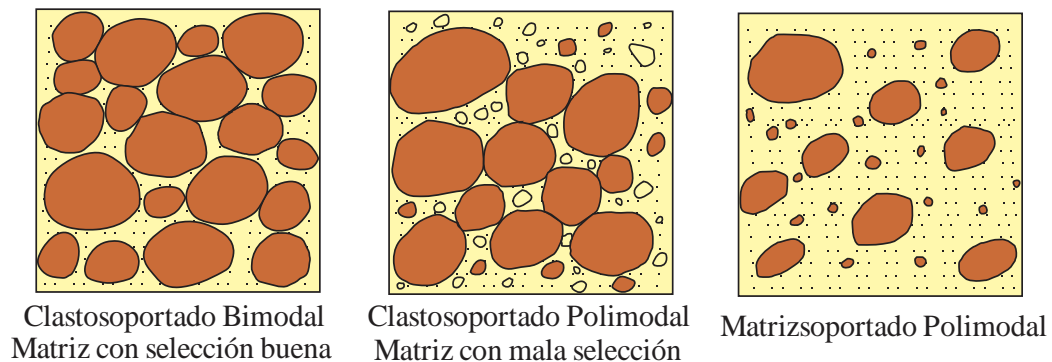


Figura 3. Textura de conglomerados según su porcentaje de matriz. Adaptado de Harms et al (1975).

- **Fábrica.** Es la disposición espacial de las partículas dentro del cuerpo de roca y su orientación (Mejía et al., 2011) En conglomerados, pueden presentarse principalmente 3 tipos de fábrica: a) cuando el eje mayor de los clastos es paralelo al flujo; b) cuando el eje mayor de los clastos es transversal al flujo y c) Cuando se presenta una fábrica indefinida. (Harms et al., 1975)

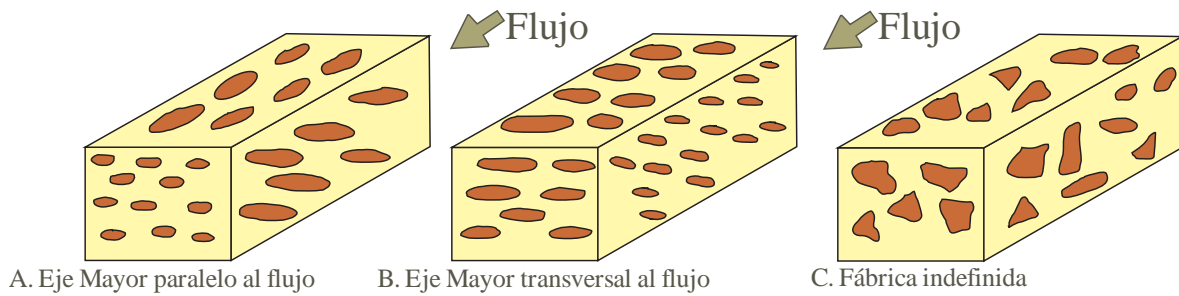


Figura 4. Fábrica de conglomerados según la orientación de los clastos. Adaptado de Harms et al (1975).

- **Estratificación.** Puede ser horizontal o inclinada. Está marcada por una alternancia de capas de conglomerado de diferente tamaño, selección, fábrica o composición. (Harms et al., 1975)

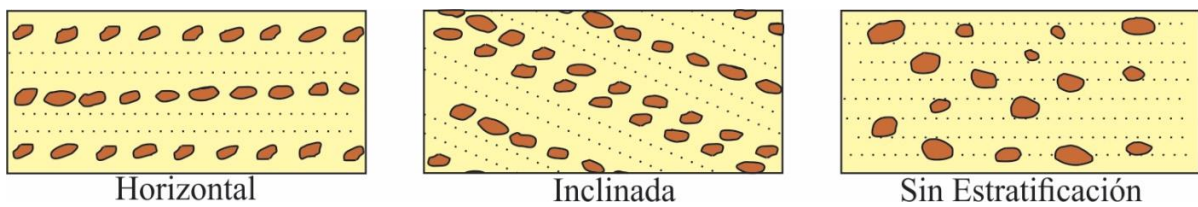


Figura 5. Diferentes tipos de estratificación en conglomerados. Adaptado de Harms et al. (1975)

- **Gradación.** Es el cambio progresivo de tamaño de grano de los clastos de base a tope dentro de una misma capa (Harms et al., 1975). Cuando el tamaño de grano disminuye de base a tope la gradación es normal, mientras que cuando el tamaño de grano aumenta hacia el tope de la capa, la gradación es inversa.

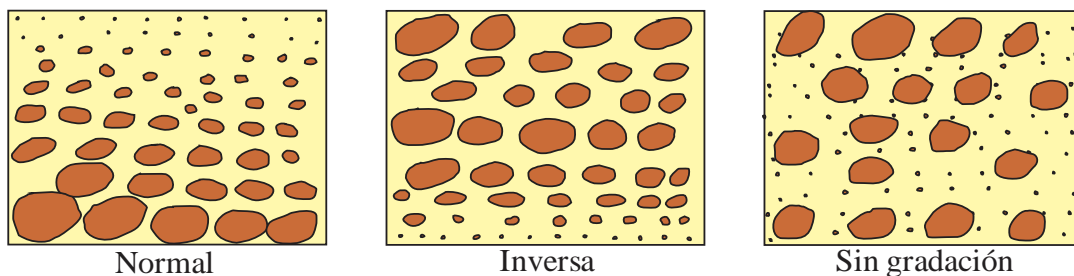


Figura 6. Clases de gradación dentro de una capa. Adaptado de Harms et al. (1975)

- Clasificación Textural.** Esta clasificación tiene en cuenta únicamente el tamaño de grano. Las rocas que se clasifican como conglomerado son aquellas que el porcentaje de materiales terrígenos tamaño grava es mayor del 30%. Folk (1974) propone un diagrama triangular para clasificar este tipo de rocas, donde se definen cuatro clases texturales para conglomerados (Figura 7).

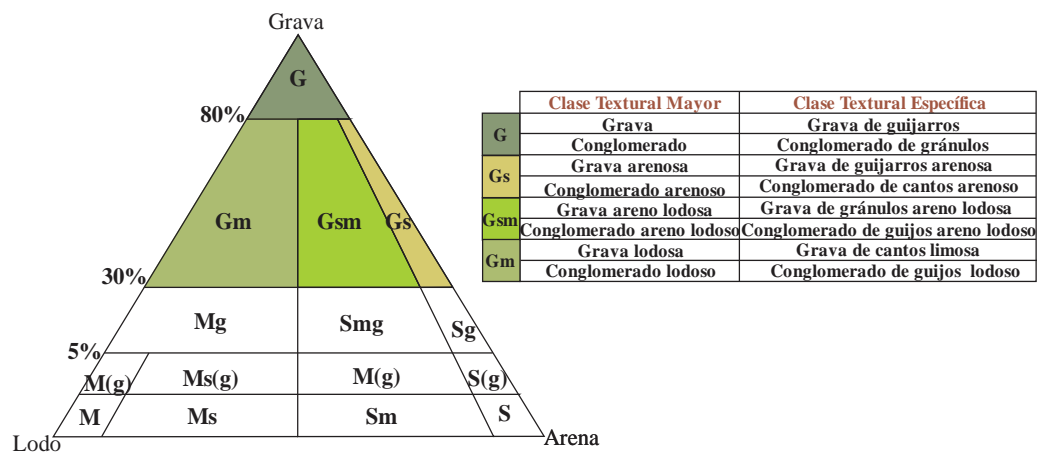


Figura 7. Diagrama para clasificación textural de rocas detríticas. Adaptado de Folk (1974)

- Clasificación Composicional.** Los conglomerados pueden contener partes de tamaño grava de minerales individuales como cuarzo; sin embargo, la mayoría de los granos de tamaño grava del armazón son fragmentos de rocas. Cualquier tipo de roca ígnea, metamórfica, o sedimentaria puede estar presente en un conglomerado, dependiendo de las rocas fuente y condiciones depositacionales. (Boggs et al., 2006). La matriz de conglomerados comúnmente consiste en varios tipos de minerales de arcilla y micas finas y/o cuarzo, feldespatos, fragmentos de rocas, y minerales pesados de tamaño limo- o arena. La matriz puede ser cementada con cuarzo, calcita, hematita, arcilla, u otros cementos. (Boggs et al., 2006). Cruz et al., (2007) presentan la clasificación composicional según Folk (1974) aplicada para conglomerados, haciendo énfasis tanto en la composición como la madurez de la roca.

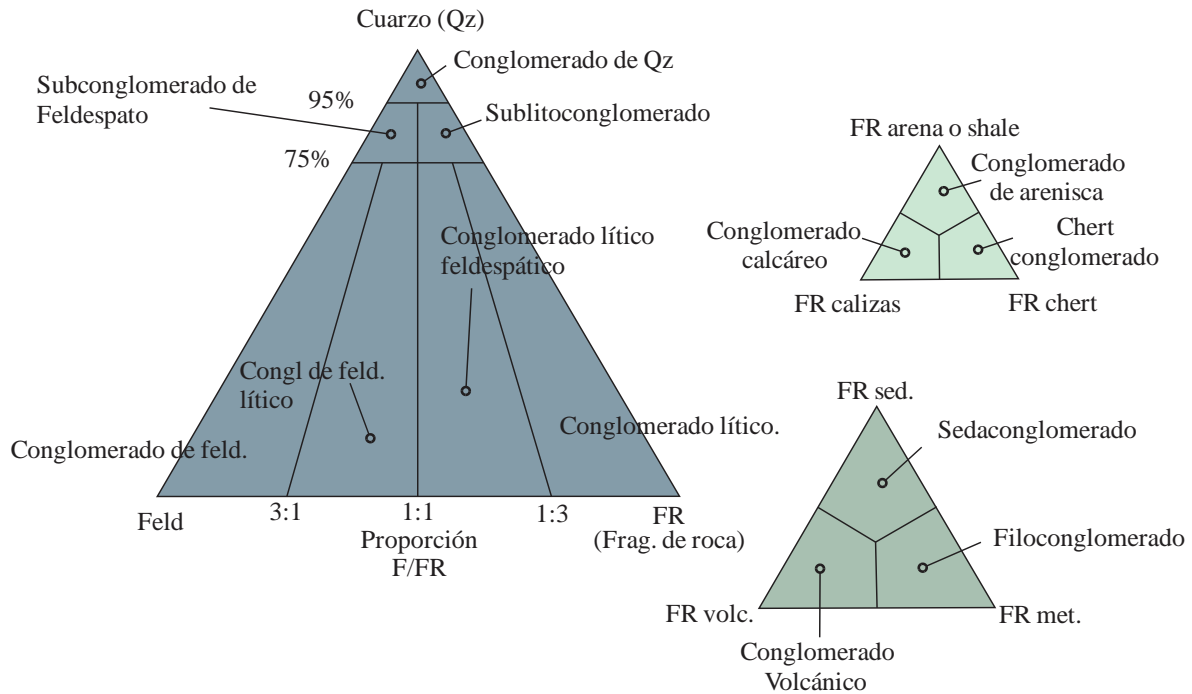


Figura 8. Diagrama para clasificación de conglomerados teniendo en cuenta su composición. Adaptado de Cruz et al (2007) basado en Folk (1974)

Los conglomerados estables que están compuestos principalmente de un solo tipo de clasto se conocen como conglomerados monomícticos, aquellos que contienen pocos tipos de clastos reciben el nombre de conglomerados oligomícticos, mientras los que contienen muchos tipos de clastos son conglomerados polimícticos (Pettijohn, 1975). A continuación, se muestra una clasificación basada en el tipo de clastos y el contenido de matriz (Stow, 2005)

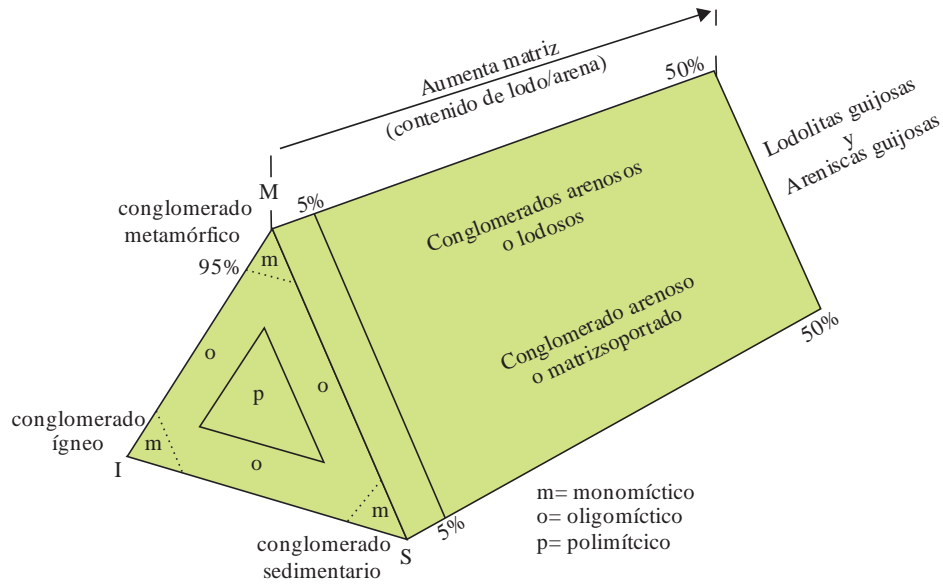


Figura 9. Clasificación de conglomerados basado en el tipo de clastos. Adaptado de Stow (2005)

En base al origen de los clastos, se clasifican en *conglomerados intraformacionales*, los cuales se componen de clastos de sedimentos formados dentro de las cuencas depositacionales, y los *conglomerados extraformacionales* que son derivados de fuera de la cuenca depositacional. Estos últimos se originan producto de la deformación de sedimentos semiconsolidados y redepositación de los fragmentos cerca al sitio de deformación (Boggs et al., 2006)

4.2. Facies

La facies de una roca es el conjunto de características litológicas (composición, textura y estructuras sedimentarias) y paleontológicas que definen dicha roca y permiten su diferenciación de las supra e infrayacentes (Vera 1994)

- **Facies detríticas fluviales.** Miall (1978) propuso una clasificación de facies fluviales basándose en el tamaño de grano, diferenciando facies de conglomerados (con sigla G), de arenitas (con sigla S) y de lodolitas (con sigla F) y dentro de ellas diferentes litofacies en función del tipo de estratificación, estructuras sedimentarias y textura, que responden a unas características genéticas concretas en medios fluviales (Vera 1994).

Tabla 2.

Clasificación de las facies detríticas fluviales. Adaptado de Miall (1996)

Código	Litofacies	Estructuras Sedimentarias
Gmm	Grava masiva, con soporte de matriz	No tiene
Gmg	Grava matriz-soportada	Gradación Inversa a normal
Gci	Grava clasto-soportada	Gradación Inversa
Gcm	Grava masiva clasto-soportada	No tiene
Gh	Grava con estratificación gruesa clasto-soportada	Estratificación horizontal. Imbricación
Gt	Grava estratificada	Estratificación en artesas
Gp	Grava estratificada	Estratificación cruzada planar
St	Arenisca, a veces con cantos	Estratificación cruzada en artesa
Sp	Arenisca, a veces con cantos	Estratificación cruzada en planar
Sr	Areniscas	Ripples de diversos tipos
Sh	Areniscas	Laminación horizontal
SI	Arenisca fina	Estratificación cruzada en de bajo ángulo (<10°)
Se	Niveles erosivos con cantos blandos	A veces estratificación cruzada a, poco marcada
Ss	Arenisca, a veces con cantos	Estratificación cruzada paralela a la base erosiva
FI	Limosos, arenisca, arcillas	Laminación fina, ripples muy pequeños
Fsc	Limos, arcillas	Laminada o masiva
Fcf	Imitas	Masiva, gasterópodos de agua dulce
Fm	Limos, arcillas	Masiva, grietas de desecación
Fr	Limos, arcillas	Raíces y restos vegetales

Miall (1996) estableció un significado genético para cada uno de estos tipos de facies. Para conglomerados es, respectivamente:

- Gmm: Flujo de detritos plástico (alta resistencia, viscoso)
 - Gmg: Flujo de detritos pseudoplástico (baja resistencia, viscoso)
 - Gci: Flujo de detritos rico en clastos (alta resistencia) o flujo de detritos pseudoplástico (baja resistencia)
 - Gcm: Flujo de detritos pseudoplástico (carga de fondo inercial, flujo turbulento)
 - Gh: Estructuras sedimentarias longitudinales, depósitos de lag. Y *sieve deposits*.
 - Gt: Relleno de canales menores.
 - Gp: Estructuras sedimentarias transversales, crecimientos deltaicos de remanentes de antiguas barras.
- **Asociación de Facies.** Es la distribución ordenada de varias facies elementales, genéticamente relacionadas. Una asociación de facies debe cumplir dos condiciones: Que se trate de facies que se encuentren juntas y que estén genéticamente (ambientalmente) relacionadas entre sí. Al estudiar secciones estratigráficas detalladas, las asociaciones de facies se reconocen a partir de su expresión vertical, a la que se llama secuencia de facies o secuencia elemental, la cual consiste en un módulo formado por la superposición vertical de dos o más facies genéticamente relacionadas que se repite periódicamente (Vera, 1994)
 - **Elemento Arquitectural.** Es un cuerpo de roca caracterizado por su geometría, la composición de las facies y escala. Es el producto de un proceso particular ocurrido dentro de un sistema depositacional. (Miall, 2016). Miall (1985) sugiere 8 principales elementos arquitecturales, los cuales se muestran en la figura 10.

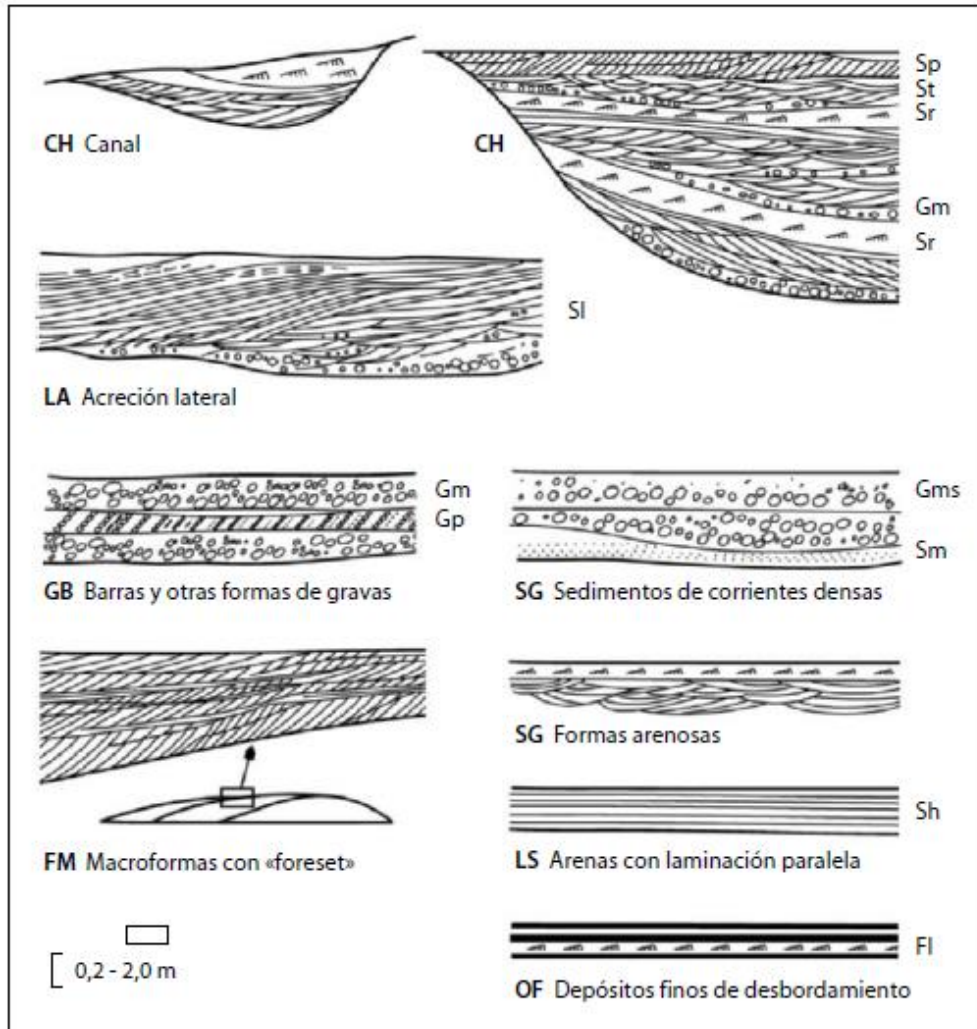


Figura 10. Elementos arquitecturales básicos en sistemas fluviales. Adaptado de Miall (1985)

La tabla 3 muestra los elementos con sus rasgos característicos de asociación de facies y geometría.

Tabla 3.

Elementos arquitecturales en depósitos fluviales. Adaptado de Walker et al. (1992)

Elemento	Símbolo	Asociación facial principal
Canales	CH	Ninguna
Capas y barras de grava	GB	Gm, Gp, Gt
Capas de arena	SB	St,Sp,Sh,Sl,Sr,Se,Ss
Macroformas de acreción en el fondo	DA	St,Sp,Sh,Sl,Sr,Se,Ss
Marcoformas laterales de acreción	LA	St, Sp, Sh, Sl, Se, Ss, Iess común Gm, Gt, Gp
Flujo de sedimentos por gravedad	SG	Gm, Gms
Arenas laminadas	LS	Sh, Sl Sp, Sr
Bancos suprayacentes de finos	OF	Fm, Fi

- **Modelos Faciales para conglomerados.** Harms et al (1975) plantea tres modelos principales: Conglomerados resedimentados, Conglomerados fluviales y conglomerados de flujo de detritos, los cuales son descritos a continuación

- **Conglomerados resedimentados de abanicos submarinos.** Basándose en el tamaño de los clastos, la selección, la abundancia relativa de gradaciones normal e inversa y la estratificación, se reconocen tres modelos distintos:

1. *Gradación de normal a inversa:* El conglomerado se caracteriza por tener gradación inversa a la base, seguido por gradación normal hacia el tope, pero sin estratificación.

2. *Gradado-Estratificado:* Conglomerado caracterizado por gradación normal dentro de una capa con estratificación horizontal en la fracción grava, que después pasa a una arenisca con estratificación cruzada u horizontal.

3. *Desorganizado:* El conglomerado no presenta ningún tipo de gradación ni estratificación.

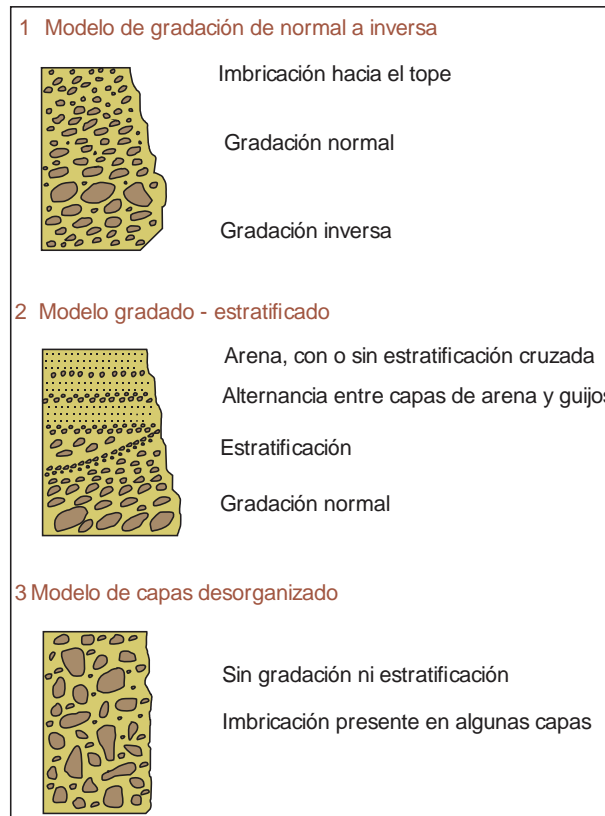


Figura 11. Modelos de secuencias para conglomerados resedimentados. Adaptado de Harms et al. (1975)

- **Conglomerados fluviales clasto-soportados.** Muchas de las barras que se encuentran en los ríos son remanentes erosionales que tienen una historia de formación larga y compleja. Consecuentemente, autores como Smith (1974) y Hein (1974) reconocieron cuatro tipos de barras: Longitudinales, transversales, diagonales y barras de punto o *point bars* (Figura 12) (Smith, 1974; Hein, 1974 en Harms et al., 1975)

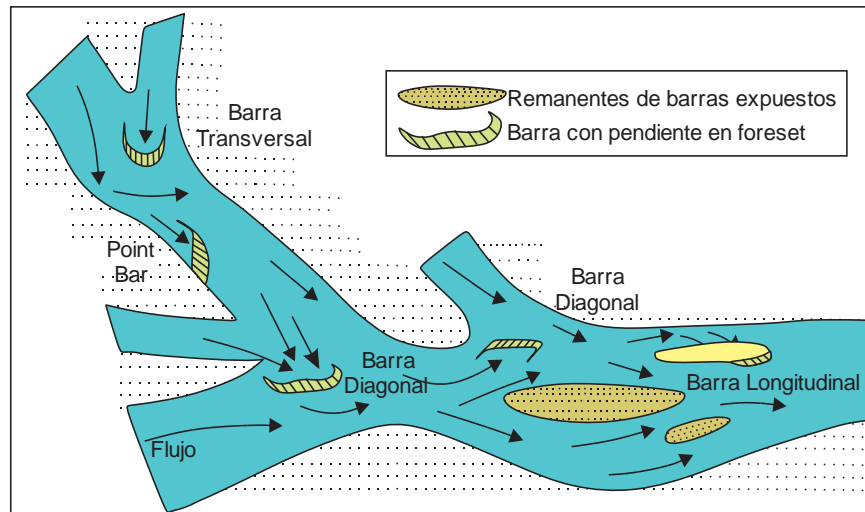


Figura 12. Tipos de barras de gravas en sistemas fluviales. Adaptado de Harms et al. (1975)

La migración de barras longitudinales tiende a formar capas horizontales, donde se preserva la imbricación de guijos. La estratificación inclinada de bajo ángulo puede ser común, mientras que la inclinada planar de alto ángulo ocurre en las márgenes de algunas barras, pero esta última es escasa y se limita a gravas más finas.

Si la carga de fluidos (Q_f) y la descarga de sedimentos (Q_s) permanecen relativamente altas después de que la descarga ha sido depositada, la barra tenderá a crecer más rápido aguas abajo que la sedimentación vertical, de modo que la pendiente de los conjuntos de láminas inclinadas no se desarrollará y la estratificación tenderá a ser horizontal. Si Q_f y Q_s son bajos, la barra tenderá a la agradación, construyéndose un frente más pronunciado aguas abajo y finalmente formando estratificación inclinada. La morfología de las barras a medida que evolucionan depende de la simetría del flujo: Si el flujo es simétrico (la descarga es igual a ambos lados de la barra) las partículas dejarán de moverse y se convertirá en una barra longitudinal. Si el flujo es asimétrico, la barra se desarrollará diagonal a la dirección de la corriente principal.

Teniendo en cuenta lo anterior, la estratificación horizontal se asocia a barras longitudinales y diagonales, y la estratificación inclinada de alto ángulo tiende a estar asociada con barras transversales. (Harms et al., 1975)

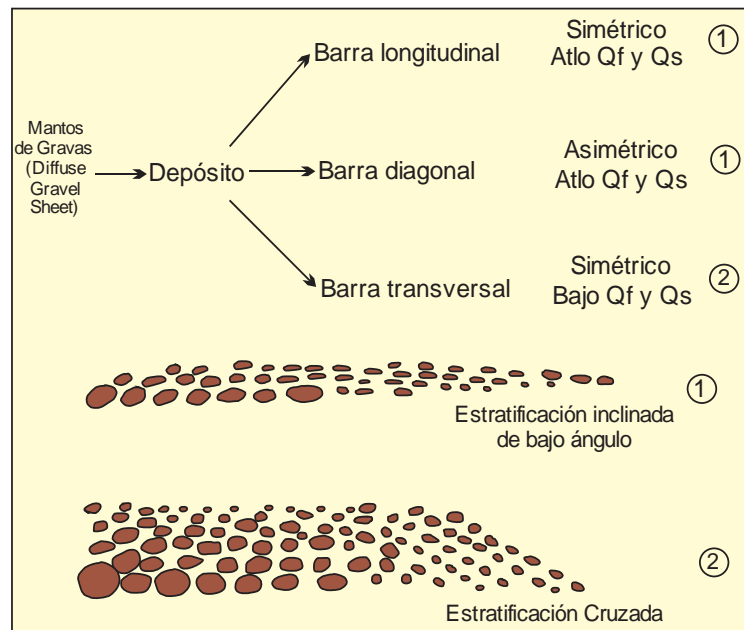


Figura 13. Relación entre los tipos de barras y estratificación. Adaptado de Harms et al. (1975)

○ **Conglomerados de flujo de detritos.** Característicos de ambientes continentales. Este término abarca los flujos de lodo y arenas formados por gravedad y hace referencia al movimiento lento pendiente debajo de mezclas de sólidos granulares. Sus características principales se enumeran a continuación.

- Está formado por grandes clastos inmersos en una matriz de material más fino y agua.
- Los clastos de gran tamaño pueden ser soportados dentro y en el tope del flujo, debido al esfuerzo de la matriz.
- El cizallamiento se realiza en la base del flujo. Como resultado de ello, los clastos pueden rotar y alinearse.

La figura 14 presenta el modelo de secuencia vertical para un depósito de flujo de detritos (Harms et al., 1975)

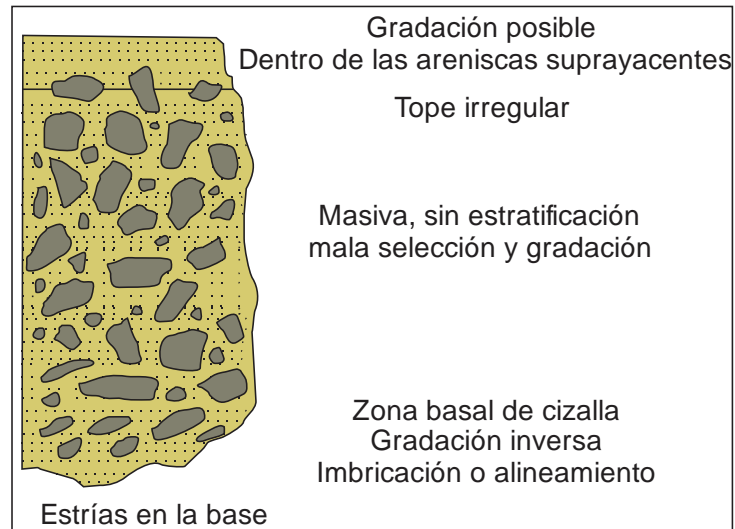


Figura 14. Modelo de secuencia vertical para depósitos de flujo de detritos. Adaptado de Harms et al. (1975)

4.3 Procedencia

El análisis de procedencia tiene como objetivo entender la dinámica de los diferentes procesos que intervienen en la formación de los sedimentos y en su transporte, ya que, a partir de la determinación de estos procesos, es posible llevar a cabo la reconstrucción de los ambientes de depósito y sus probables correlaciones, lo que aporta evidencias clave para el conocimiento de la evolución geológica de una región y su evolución paleogeográfica en un contexto global (Sánchez et al., 2016)

- **Análisis de procedencia de areniscas.** Autores como Basu (1976) y Blatt (1967) consideran que la composición varía según el tamaño del grano, argumentando que los fragmentos líticos son más difíciles de preservar en rocas de grano fino. Evalúan la procedencia de sedimentos con base en análisis modales de diferentes fracciones de granos del tamaño arena, cuantificando fragmentos líticos, minerales accesorios, cuarzo y feldespatos. Sin embargo, esto implica una dependencia del tamaño de grano en la definición de la procedencia.

Por otro lado, Gazzi (1966) y Dickinson (1970) plantean que la diferencia del tamaño de las partículas no influye en gran magnitud en el resultado final del análisis modal; lo verdaderamente importante es la composición de los clastos. Para este método, los puntos de conteo se muestran en la tabla 4.

Tabla 4.

Parámetros por analizar en análisis modal de areniscas. Adaptado de Ingersoll et al. (1984)

Parámetros del conteo	Parámetros recalculados
Qp= Cuarzo Policristalino	Q= Qm+Qp
Qm= Cuarzo monocristalino	F=P+K
P= Feldespato plagioclasa	L= Lv+Lm+Ls+Lp
K= Feldespato potásico	Sumatoria= Q+F+L+M+D
Lv= Líticos volcánicos	QFL %Q= 100Q/(Q+F+L)
Lm= Líticos metamórficos	QFL %F= 100F/(Q+F+L)
Ls= Líticos sedimentarios	QFL %L= 100L/(Q+F+L)
Lp= Líticos plutónicos	LmLvLs%Lm= 100Lm/(L-Lp)
M= Filosilicatos	LmLvLs%Lv= 100Lv/(L-Lp)
D= Minerales densos	LmLvLs%Ls= 100Ls/(L-Lp)
Mis= Misceláneos e indefinidos	QpLvLsm%Qp=100Qp/(L-Lp+Qp)
	QpLvLsm%Lv=100Lv/(L-Lp+Qp)
	QpLvLsm%Lsm=100Lsm/(L-Lp+Qp)

Con base en esta información, se procede a clasificar la procedencia de las areniscas con los diagramas ternarios mostrados en la figura 15.

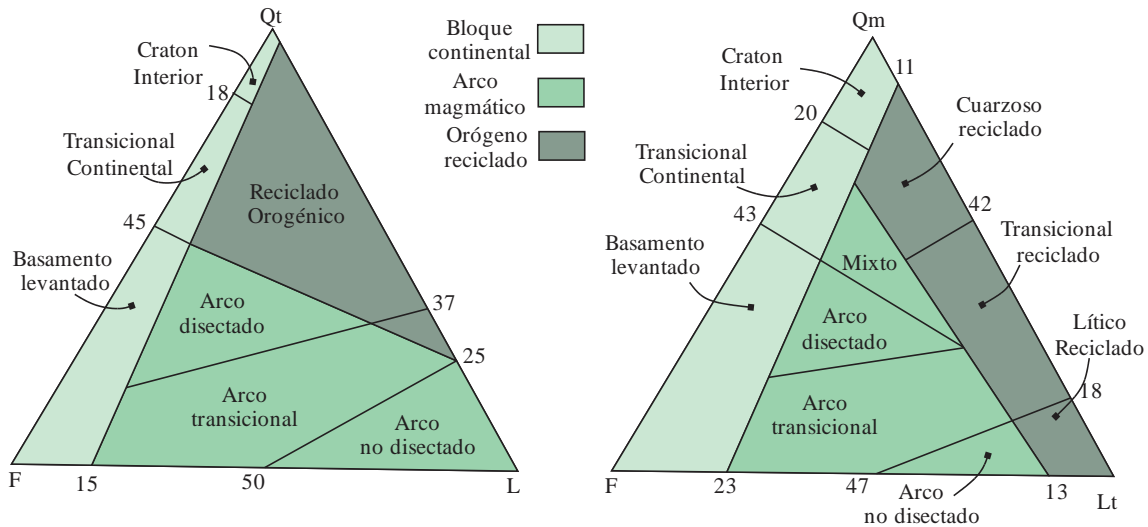


Figura 15. Diagrama para evaluar la procedencia de las areniscas. Adaptado de Dickinson (1985)

- **Conteo de clastos en conglomerados.** El objetivo en el conteo de clastos es determinar el número de clastos presentes de un tipo dado (una proporción o porcentaje), independiente del tamaño del clasto (Howard, 1993).
 - Estrategias de muestreo. Existen dos formas de ejecutar el muestreo: Sistemáticamente y al azar (Howard, 1993)

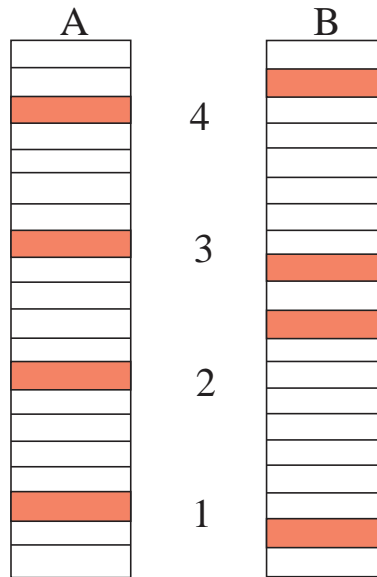


Figura 16. Estrategias de muestreo para el conteo de clastos en múltiples posiciones estratigráficas. Adaptado de Howard (1993)

- *Procedimiento.* Existen tres métodos: cuadrícula, lineal y de área, los cuales se muestran en la figura 17 y se describen a continuación:

En el primer método se realiza un conteo dentro de un área de 1m^2 , con cada punto a una separación de 10 cm y se cuentan los clastos que estén en los vértices de la grilla. En el método lineal se realiza el conteo de clastos en líneas transversas, tomando todas las partículas que corten estas líneas. Para el método del área, esta debe ser al menos 2.5 veces más largo del clasto más grande, de tal manera que se realiza el conteo dentro de un área y todos los clastos tienen las mismas posibilidades de ser contados (Howard, 1993).

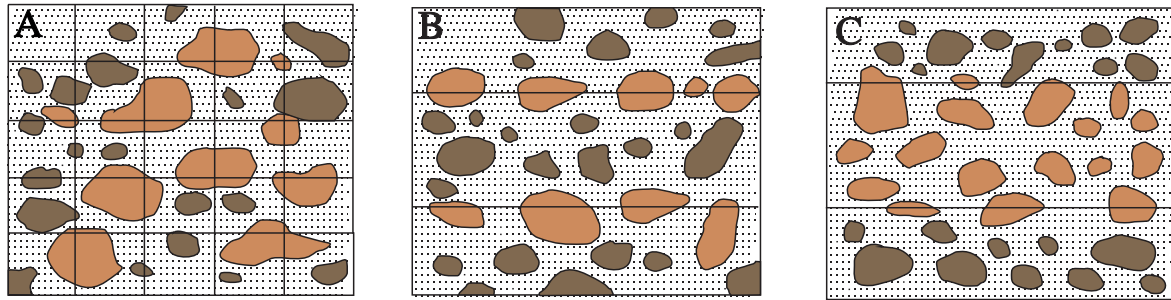


Figura 17. Métodos para el conteo de clastos en conglomerados. A. Conteo por cuadrícula; B. Conteo lineal; C. Conteo de área. Únicamente los clastos claros entran en el conteo. Adaptado de Howard (1993).

- *Margen de error.* El error probable total asociado con el procedimiento de conteo de clastos es el resultado tanto de errores analíticos y de muestreo de acuerdo con la relación:

$$\%TE = \sqrt{(e_1^2) + (e_2^2)}$$

Donde TE es igual al error probable total, e1 y e2 son, respectivamente, el muestreo y errores analíticos en porcentaje. El error de muestreo es una función de la homogeneidad del depósito y del punto preciso de muestreo, mientras que el error analítico es una función de la identificación y conteo del clasto (Howard, 1993)

5. Marco Geológico

Dentro del territorio colombiano, el orógeno de Los Andes se divide en tres cordilleras: Occidental, Central y Oriental. En el flanco occidental de esta última se encuentra el área de estudio, localizada al suroccidente del Macizo de Santander, el cual es un basamento ígneo metamórfico, conformado por tres unidades litoestratigráficas: Gneis de Bucaramanga, Esquistos del Silgará (sensu Mantilla et al, 2016) y Ortoneis (Ward et al., 1973). Del mismo modo, la zona

de estudio se localiza dentro de las angosturas del Río Lebrija, allí afloran rocas sedimentarias y depósitos cuaternarios.

La cuenca donde se depositaron estos sedimentos es interpretada como una cuenca synrift, asociada a fallas normales y formada desde el Triásico-Jurásico (Cediel, 2019). Como consecuencia de un evento compresivo en el Cenozoico, se dio la inversión tectónica, generándose así un orógeno con orientación N-NE (Mora et al., 2006).

Estratigráficamente, se encuentran unidades de edad Jurásico y Cretácico, y depósitos del Cuaternario; estos se describen de manera sucinta a continuación:

- **Grupo Girón:** Unidad litoestratigráfica de edad Jurásico Superior-Cretácico inferior (Pons, 1982) la cual se divide en Las Formaciones Río Lebrija y Los Santos.

Formación Angostura de Río Lebrija(J₂rl): Nombre propuesto por Etayo-Serna (1982) para denominar a la unidad inferior del Grupo Girón. Seguidamente, Clavijo y Camacho (1993) plantea que se hable de *Formación Río Lebrija* por cuestiones de practicidad. Compuesta por areniscas de grano medio, grueso a ligeramente conglomerático, de color rojo violáceo, grisáceo y gris verdoso, con interestratificaciones de limolitas y lodolitas rojizas y grisáceas y algunos niveles de conglomerados con guijos de cuarzo. Su ambiente de sedimentación es continental, fluvial a lacustre-fluviátil (Cediel, 1968)

Miembro Tambor(J₂t): Término propuesto por Etayo-Serna (1982) para la unidad originalmente descrita por Hedberg (1931) como Formación Tambor. Esta unidad se entiende como un litosoma inserto en la parte superior del holoestratotipo de la formación inferior del Grupo Girón (Cediel, 1968).

Formación Los Santos (K_{1s}): Unidad definida por Cediell (1968), está conformada por areniscas conglomeráticas, lodolitas rojo-grisáceas y cuarzoarenitas gris amarillentas, en capas tabulares (Ward et al., 1973). Ha sido interpretada como depósitos fluviales acumulados por corrientes trenzadas (Clavijo, 1985)

- **Formación Rosablanca (K_{1r}):** Está compuesta por calizas masivas, duras, gris azulosas, fosilífera, de textura gruesa, con muchas capas margosas que pasan a caliza de textura muy fina, negra y arcillosa en el tope (Ward et al., 1973).
- **Formación Paja (K_{1p}):** Se trata de una sucesión de shales negros, ligeramente calcáreas y micáceas. Esta unidad contiene concreciones de caliza de hasta 30 cm, septarias y vetas de calcita. El espesor de esta formación varía entre un mínimo de 125 y un máximo de 625. (Morales et al., 1958 en Julivert, 1968)
- **Formación Tablazo (K_{1t}):** Calizas de estratificación gruesa extremadamente fosilífera y margas o calizas arcillosas en la inferior (Morales, 1958).
- **Formación Simití (K_{1s}):** Shales gris o negro localmente calcáreo, con concreciones. Los nódulos son generalmente fosilíferos y localmente contienen petróleo, así como las cámaras de los amonites; estas concreciones son particularmente abundantes en la parte alta de la formación, donde alcanzan hasta 3 m. Localmente, cerca del tope de la formación, se encuentran capas de conglomerados formadas por cantos pequeños, nódulos de fosfatos, dientes de pez y arena -sic- (Hubach, 1957 en Julivert et al., 1968)
- **Formación La Luna (K_{2l}):** Esta unidad se divide en 3 miembros. El Miembro Salada contiene shales calcáreos con estratificación delgada, capas delgadas de caliza negra con concreciones calcáreas. El Miembro Pujamana contiene shales calcáreos de color gris a negro

y el Miembro Galembó es predominante el sale calcáreo de estratificación delgada, negro, con delgadas intercalaciones de calizas arcillosas (Ward et al., 1973).

- ***Terraza Fluvial (Qtf)***: Depósitos en abanicos y terrazas. Considerado de edad Pleistoceno (Ward et al., 1973).
- ***Cuaternalio Aluvial (Qal)***: depósitos no consolidados de aluvión y coluvión, los cuales son considerados del Holoceno (Ward et al., 1973).

Esta zona de la Cordillera Oriental está afectada por estructuras deformacionales. Se destaca principalmente el sistema de Fallas Bucaramanga- Santa Marta, con rumbo N 20°W, el cual presenta una cinemática sinistral con componente inverso (Julivert, 1958). Dentro del área de estudio se encuentran la Falla Solferino que es de cinemática inversa y hacia el sur su cinemática cambia y se hace de rumbo, y una falla local, con rumbo N 30° W y cinemática dextral (Ward et al., 1973).

A continuación, se presenta una columna generalizada de las unidades litoestratigráficas presentes en el área de estudio.

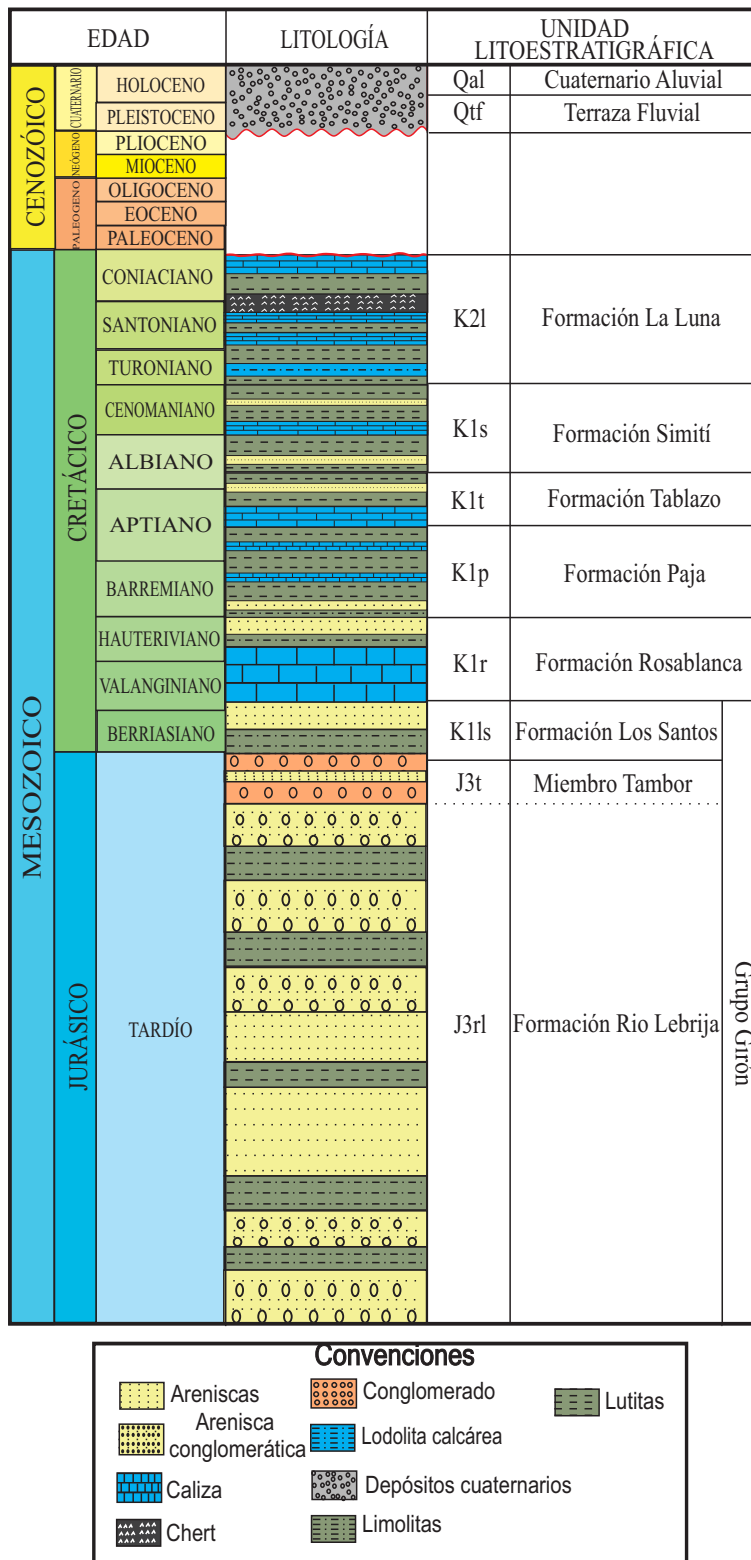


Figura 18. Columna estratigráfica generalizada del área de estudio.

6. Antecedentes

La estratigrafía del Grupo Girón ha sido de gran interés para muchos investigadores durante las últimas décadas. Dentro de los primeros trabajos se encuentra el de Hettner (1892), quien propuso el piso Girón (estratos de Girón) ubicándolo con edad Cretácico. Más adelante, Hedberg (1931) (en Etayo-Serna, 1989) caracterizó la Formación Tambor para referirse a una sucesión de conglomerados rojos. Oppenheim (1940) Divide el Girón de Hettner en Series Girón de edad Jurásico y Series Cocuy de edad Cretácico Inferior correlacionándolas con la Formación La Quinta y Formación Tomón, respectivamente.

Dickey (1941) Define más precisamente los límites superior e inferior de las Girón Series y sugiere un espesor no menor a 1000 metros y una edad entre Pérmico y Jurásico. Brückner (1954) Reporta fósiles en la Quebrada Las Palmas (La Honda) de hojas de grupo *Callipteridium* y ostrácodos del género *Darwinula*, indicando una edad Permo-Carbonífero, encontrados en la parte inferior del grupo Girón y a la parte superior le asigna una edad Triásico o más joven. Después, Morales et al (1958) estudian la Formación Tambor de Hedberg (1931) con sección tipo entre los kilómetros 92 y 95 del antiguo ferrocarril en las angosturas del Río Lebrija y extienden esta unidad estratigráfica al sur hasta Zapatoca. La describen como una parte inferior de lodolitas, areniscas y conglomerados rojos que están compuestos completamente de guijarros y bloques de areniscas de grano fino, arenisca cuarzitica, y lodolitas. este autor le asigna un espesor de 650m y edad Valaginiano a Hauteriviano superior. Posteriormente, Julivert (1958), siguiendo el carretable que va hacia el Cerro de las Cruces, obtiene una sucesión de 1400m de la Formación Girón, resaltando que en este corte no llega a aflorar su base. Aquí se caracterizan 3 niveles principales: un nivel inferior de margas y areniscas rojas, un nivel medio de areniscas de tonos

claros y un nivel superior de margas rojas; este autor le asigna a la Formación Girón un espesor de 2.500 m con una rápida reducción hacia el Este, debido a la discordancia con las rocas del cretácico.

Langenheim R., L. (1959) Propone la formación Girón con sección tipo en las angosturas del Río Lebrija con un espesor de 3.500 m, dividido en tres segmentos: un nivel inferior de arenisca que contiene bloques de cuarzo o de rocas ígneas; su espesor es de 750 m; un nivel medio de shales con potencia de 1250m y un nivel superior de areniscas de grano medio a grueso con bloques de cuarzo o rocas ígneas con alrededor de 1500m. Reporta una edad desde el pensilvaniense superior (Carbonífero) a Rhetiense-Liásico (Triásico-Jurásico Inferior). Asimismo, reporta en el tope de la formación Girón 100 metros de conglomerado de bloques aflorando cerca al base de la sección tipo de la Formación Los Santos. Sugiere facies orientales entre Bucaramanga-Los Santos con rocas rojas y conglomerados de bloques y bloques abundantes y facies occidentales entre Arcabuco-Lebrija principalmente areniscas y shales beige o negros. Los conglomerados gruesos son generalmente raros.

Langenheim J., H. (1960) Reporta en la formación Girón los conjuntos *pecopterids*, *Rhodea*, *Calamites*, los cuales indican una edad Pennsilviniano tardío (Carbonífero) en las angosturas del Río Lebrija. Por otro lado, los fósiles colectados de *Ptilophyllum* en la Mesa de Ruitoque indican edad Jurásica. Navas (1963) obtiene una potencia de 2.600 m para la formación Girón entre las estaciones de Bocas y El Conchal, divididos en los siguientes niveles: un nivel inferior lutítico que en su mitad superior alterna con areniscas (550 m); un nivel arcósico inferior (170 m); un nivel superior de lutitas rocas alternando con areniscas (850 m); un nivel arcósico superior (700 m); un nivel de lutitas rojas (230 m) y un conglomerado superior (120-150 m).

Bürgl (1964) Argumenta una designación imprecisa al usar el término “Jura-Triásico” para la formación Girón. Recomienda el uso del término para unidades cronoestratigráficas: “Paleogirón” para capas pensilvinianas del tipo de Girón y el término “Neogirón” para las de edad líasica. Además, el término “Girón” debería aplicarse sólo en un sentido puramente litoestratigráfico para designar capas continentales de la facies Girón, cuya edad no está definida.

Cediel (1968) describe el Grupo Girón como una serie de areniscas e intercalaciones periódicas de capas rojas (*red beds*), de una potencia total aproximada de 4.840 m. Lo divide en 1. La Formación Girón (± 4.650 m), de edad triásico- jurásico, constituidas por subgrauwacas y lodolitas rojas depositadas en un ambiente fluvial, y 2. La Formación Los Santos (± 190 m), que cubre concordantemente la primera y probablemente pertenece al Berriasiano, un depósito marino de cuarzoarenitas, con intercalaciones ocasionales de capas rojas y lodolitas fósiles oscuras. En este trabajo se menciona el “Conglomerado Rojo”, que alcanza ± 100 m de potencia y está compuesto por cantos de *red beds* de hasta 25 cm de diámetro. Cediel (1968) describe este cuerpo como “un conglomerado de transgresión que marca el límite localmente entre las Formaciones Girón y Los Santos, con gradación, compuesto principalmente por clastos de cuarzo hasta de 30 cm de diámetro y de rocas metamórficas y *red beds* en proporciones menores, depositado por retrabajamiento.” Basado en la posición estratigráfica y origen, Cediel (1968) asocia estas litologías a bloques fluviales, provenientes exclusivamente de las capas rojas de la Formación Jordán y atestiguan sollevamientos fuertes en la región fuente poco antes de la transgresión de Los Santos. Finalmente, interpreta el Grupo Girón como una serie sedimentaria post-orogénica, una molasa típica producto de la erosión de una cordillera que ocupó la región de la actual Cordillera Oriental.

Ward et al (1974) recopilan trabajos para la geología del cuadrángulo H-12 Bucaramanga a escala 1:100.000. Allí Mencionan la propuesta de Cediel (1968) de renombrar la Formación Tambor de Morales (1958) como Formación Los Santos, pero decide mantener el nombre de la Formación Tambor.

Pons (1982) mediante estudios paleobotánicos de muestras coleccionadas en afloramientos de la sección tipo de la Formación Girón, sugiere que el depósito de sus sedimentos sucedió entre mediados del Jurásico y comienzos del Cretácico.

Clavijo (1985) Describe la Formación Los Santos por la Quebrada Pierda Azul al sur de la zona de estudio del presente trabajo; divide la sección estratigráfica en 5 segmentos textural y estructuralmente diferentes. El segmento I lo asocia al Conglomerado Rojo descrito por Cediel (1968) de edad Jurásico. El análisis facial permite interpretar este segmento como flujos de lodo asociados a la formación de abanicos aluviales. Los segmentos II, III y IV son textural y estructuralmente análogos a la Formación Los Santos de Cediel (1968) y el segmento V es textural y paleontológicamente similar a la Formación Cumbre, interpretando su ambiente de sedimentación como depósitos formados por llanuras de mareas.

Laverde (1985) Describe la Formación Los Santos en su localidad tipo (“El camino de El Roto”) con un espesor de 218 m, dividida en seis macrosecuencias faciales que reflejan la historia de un sistema fluvial anterior al ingreso marino del Cretácico en dos ámbitos principales de sedimentación: 1) En corrientes trenzadas, como depósitos de barras longitudinales – trasnversales y llanuras de arena conglomerática y lodo arenoso y 2) en corriente meandriformes, como depósitos de barras de meandro y llanuras de inundación con paleosuelos de caliche. En esta localidad no aflora el Conglomerado Rojo.

Etayo-Serna (1989) Propone la formalización de la nomenclatura estratigráfica, donde nombra El Grupo Girón, conformado por: La Formación Angostura del río Lebrija, que constituye la unidad inferior del Grupo, y La Formación Los Santos, unidad superior del Grupo Girón; En la parte superior de la Formación Angostura del río Lebrija denomina la unidad Miembro Tambor, estableciendo así el cambio de categoría litoestratigráfica formalmente para la unidad originalmente descrita por Hedberg (1931) como “Formación Tambor”, equívocamente extendida por Morales et al. (1958) y mencionada por Cediél (1968) como “Conglomerado Rojo de la Formación Girón”. Asimismo, adopta como localidad tipo la original de Hedberg entre los km 92 y 95 del ferrocarril Bucaramanga-Barrancabermeja.

Clavijo y Camacho (1993) Recomiendan simplificar los nuevos términos propuestos por Etayo-Serna (1989) así: en vez de “Formación Angostura del Río Lebrija” utilizar “Formación Río Lebrija”. Estos autores describen al Miembro Tambor como un conglomerado clasto-soportado, de guijarros y bloques (10-50 cm) subredondeados y redondeados, en una matriz lodosa (20-30%). Los fragmentos son en su gran mayoría de areniscas de grano fino y limolitas rojogrisáceas; minoritariamente se tienen fragmentos de rocas volcánicas efusivas y piroclásticas. Además, proponen que el conglomerado tiene una extensión aproximada de 4-5km.

Cediél (2001) revisa del espesor de 4.690 m calculado en Cediél (1968) y estima que puede ser la mitad, argumentando que los datos obtenidos son válidos pero incompletos y deben ser reinterpretados. También afirma que no es una molasa, sino que se trata de un depósito syn-rift y que solamente su segmento más joven (Formación Los Santos) es un post-rift, y menciona que la edad de la Formación Girón se ubica en el Jurásico con argumentos bioestratigráficos y tectonosedimentológicos.

El trabajo más reciente es de Osorio (2016), donde calcula el espesor estratigráfico de la Formación Río Lebrija en la sección tipo, teniendo como resultado 3350m.

7. Resultados

7.1 Estratigrafía

En la figura 19 se presenta la cartografía geológica actualizada elaborada en este proyecto, mostrando la distribución espacial de las unidades litoestratigráficas presentes en la zona de estudio. Del mismo modo, se muestra el área que abarca el Miembro Tambor (J3t) dentro de la Formación Río Lebrija (J3rl).

Se realizaron columnas estratigráficas en las dos localidades con mejor exposición dentro de la zona estudio. Para este trabajo, tales localidades se han denominado *sección Peña Morada* y *sección El Cerro*. La primera se localiza en las angosturas del Río Lebrija (Km 95 de la vía antigua del Ferrocarril que comunica a Puerto Wilches con Bucaramanga) y la segunda en el carretable que comunica la vereda La Popa con la hacienda El Tambor, en el Municipio de Rionegro, Santander. La ubicación de estas secciones se encuentra en el mapa geológico mostrado en la figura 19

7.1.1. Sección Peña Morada. Dado que la zona de estudio se encuentra afectada tectónicamente, se elaboró una columna compuesta, integrada por las columnas Peña Morada 1 y Peña Morada 2. En esta sección el contacto con la Formación Rio Lebrija está cubierto, mientras que con la suprayacente Formación Los Santos es Continuo.

7.1.1.1. Columna Peña Morada 1. Esta columna se divide, de base a tope, en once segmentos:

Segmento 1 (1m). Conglomerado matriz-soportado dispuesto en una capa gruesa de color rojo grisáceo (5R 4/2). Las partículas que conforman el armazón tienen textura arena fina, son redondeadas, con esfericidad y selección media. Composicionalmente, están compuestos en su mayoría por cuarzo.

Segmento 2 (5 m). Está conformado por conglomerados clasto-soportados, monomícticos, dispuestos en capas medias y gruesas de color rojo grisáceo (5R 4/2) y rojo moderado (5R 5/4), con geometría tabular y contacto ondulado, clastos de guijos y guijarros redondeados a subredondeados, sin esfericidad y mal seleccionados. Del mismo modo, tienen acumulaciones de clastos de textura arena media y están interestratificadas con litologías de arenisca de grano fino a medio, color rojizo más intensa (5R 4/6).

Las areniscas presentan laminación planoparalela, algunas muestran un aumento del tamaño de grano hacia el tope de la capa y tienden a acuñarse. La forma de los clastos es redondeada a subredondeada. En algunos sectores, estas litologías tienen lentes de conglomerados. Tanto en areniscas como en conglomerados se aprecia *bleaching* o blanqueamiento.

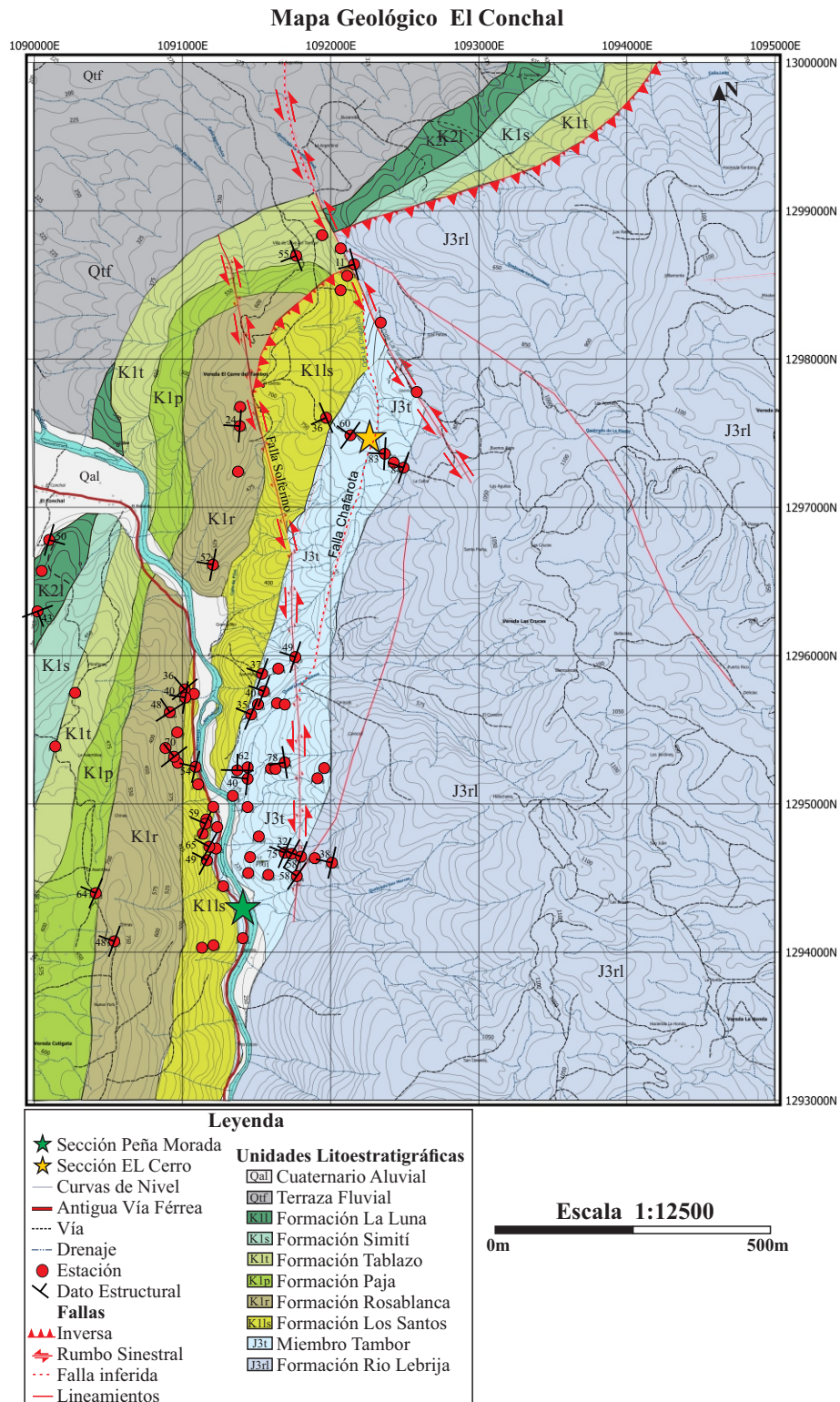


Figura 19. Mapa geológico del área de estudio elaborado en este trabajo.

Segmento 3 (4 m). Constituido por conglomerados de gránulos y guijos clasto-soportados, monomícticos, dispuestos en capas gruesas y muy gruesas (estas últimas en mayor proporción), de color rojo moderado (5R 5/4) y rojo claro (5R 6/6). Las partículas presentan mala selección, clastos redondeados a subredondeados y esfericidad baja. El contacto entre capas es ondulado y neto hacia el tope. En la base del segmento se presenta una sucesión granodecreciente y en el tope el tope una sucesión granocreciente, alcanzando tamaños de grano de hasta 6 cm.

Segmento 4 (5 m). En la base de este segmento se tiene una capa gruesa de arenisca de grano fino a medio con buena selección, de geometría tabular. Sobre esta arenisca, se aprecian conglomerados clasto-soportados, monomícticos, dispuestos en capas gruesas y muy gruesas (hasta 1.5m), de color rojo oscuro (5R 3/4), con geometría tabular y contacto neto. Las partículas son subredondeadas, su selección es media y su esfericidad es baja. Los clastos son de guijarros y gránulos en menor proporción. La matriz de los conglomerados es arena gruesa y los clastos tienen entre 5 y 6 cm de longitud. Este conglomerado está conformado en su mayor parte por fragmentos líticos de textura arena fina a media. El segmento finaliza con una capa de arenisca masiva de grano medio, color rojo moderado (5R 5/4), con buena selección y forma de las partículas subredondeada.

Segmento 5 (4 m). Está conformado por conglomerados dispuestos en capas gruesas que forman una sucesión granocreciente, donde el tamaño de grano varía de gránulos a guijarros y bloques. El color de estas litologías es rojo oscuro (5R 3/4) y rojo pálido (10R 5/4). La forma de los clastos es subredondeada, la selección es mala, la matriz es de tamaño arena gruesa y En algunos sectores se aprecia imbricación de los clastos.

Segmento 6 (2 m). Conglomerados monomícticos que forman una sucesión granodecreciente, que van desde textura guijarros arena gruesa y muy gruesa. Las capas de este segmento presentan espesores mayores a 70 cm, son clasto-soportadas, de color rojo oscuro (5R 3/4). En algunos sectores se aprecian clastos cortando la estratificación, sin embargo, una capa tiene clastos imbricados paralelamente a la superficie de estratificación, la cual su dato de rumbo y buzamiento es $225^{\circ}/60^{\circ}$ en Azimut de rumbo. El tamaño de las partículas más gruesas varía entre 2.5 y 8 cm, y la forma de estas es redondeada a subredondeada con mala selección. Composicionalmente, se resalta la gran cantidad (>50%) de fragmentos líticos cuarzosos. En la parte media del segmento se resalta una capa con gradación normal, los clastos más grandes son de 4 mm.

Segmento 7 (4 m). Está conformado por conglomerados clasto-soportados, rojo oscuro (5R 3/4) y rojo moderado (5R 4/6). La característica principal de este segmento es que es una sucesión granodecreciente y estratodecreciente. La geometría de las capas es tabular y el contacto entre ellas es neto. En las capas de la base de este segmento, el armazón es tamaño guijarros, mientras que las capas de la parte superior, el tamaño disminuye hasta gránulos y arena muy gruesa. Las partículas presentan forma subredondeada y mala selección. Algunas capas tienen clastos imbricados de 1 a 2.5 cm.

Segmento 8 (2 m). En la base de este segmento se observa un conglomerado matriz-soportado dispuesto en una capa gruesa, con gradación inversa, donde el tamaño de grano varía de arena muy gruesa a guijos. Las partículas presentan mala selección. La parte superior del segmento consta de un conglomerado clasto-soportado dispuesto en una capa muy gruesa (> 1.5 m de espesor) de color rojo grisáceo (5R 4/2), con mala selección y clastos subredondeados.

Segmento 9 (2 m). Está constituido en la base por capas de arenisca de grano fino a medio, de 50cm de espesor, color rosa grisáceo (5R 8/2) y forma de los granos subangular, con geometría tabular. Estas litologías son ligeramente conglomeráticas y composicionalmente, se resalta el contenido de micas y cuarzo. A ellas le suprayace un conglomerado clasto-soportado dispuesto en capas gruesas, tabular y en contacto neto. El color de esta capa es rojo grisáceo (5R 4/2). Los granos son subredondeados, con baja esfericidad y la selección es muy mala. El tamaño de los clastos es guijarros, entre 5 y 6 cm, alcanzando diámetros de hasta 12 cm.

Segmento 10 (7 m). Está conformado por conglomerados clasto-soportados monomíticos, dispuestos en capas gruesas, de color rojo grisáceo (5R 4/2) y marrón pálido (5YR 5/2), con geometría tabular y en contacto neto. Los granos son subredondeados, con mala selección. El tamaño de los clastos es guijarros, variando 2.5 a 12 cm.

Segmento 11 (2 m). Sucesión granocreciente, constituido por una capa gruesa de arenisca de grano medio a grueso, ligeramente conglomerática, y una capa muy gruesa de conglomerado de guijarros y bloques mal seleccionados, subangulares y ligeramente orientados, alcanzando tamaños hasta de 30 cm.

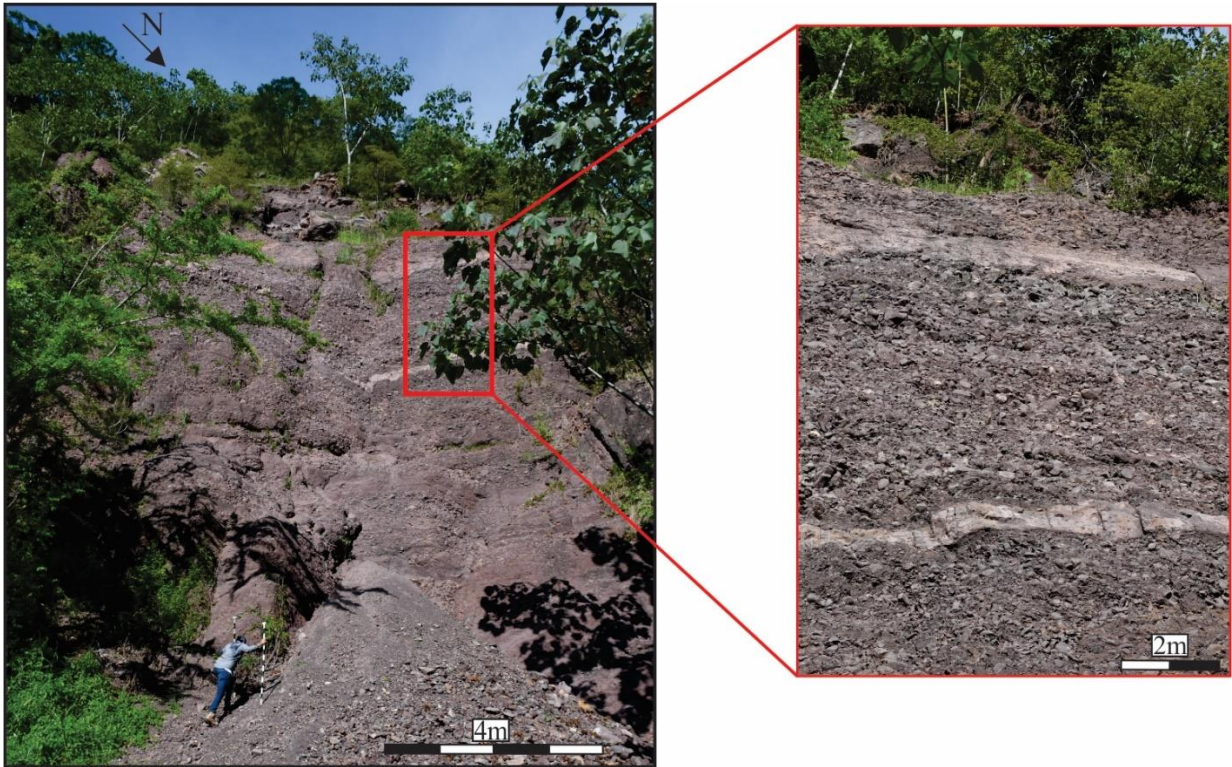


Figura 20. Afloramiento Columna Peña Morada 1, Azimut 295°.

- **Petrografía.** En orden estratigráfico de base a tope, se tomaron las muestras SRL2-1, SRL-9 y SRL-1 para su análisis petrográfico. A continuación, se muestran las principales características composicionales y texturales de las litologías analizadas. En la columna estratigráfica se aprecia la ubicación de las muestras.

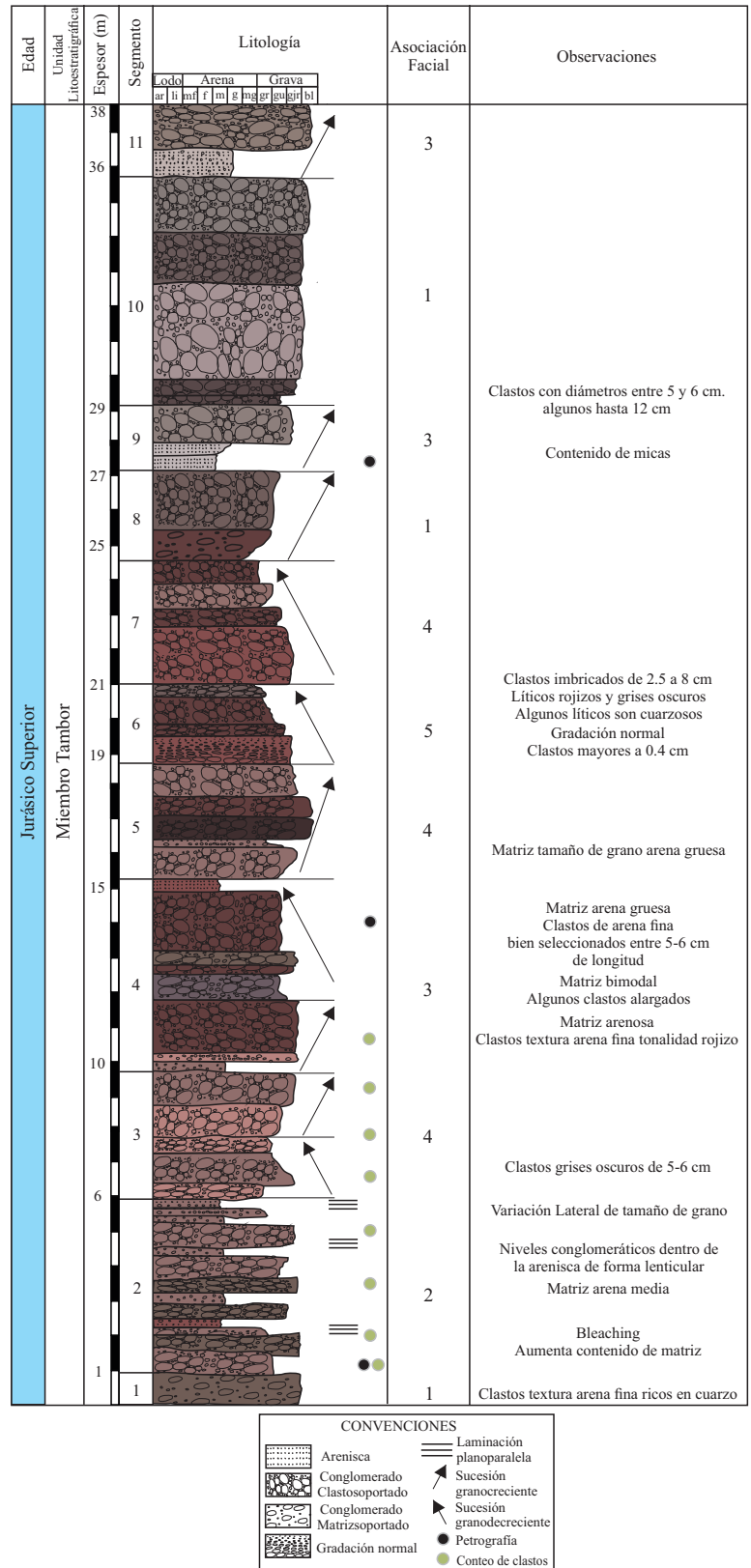
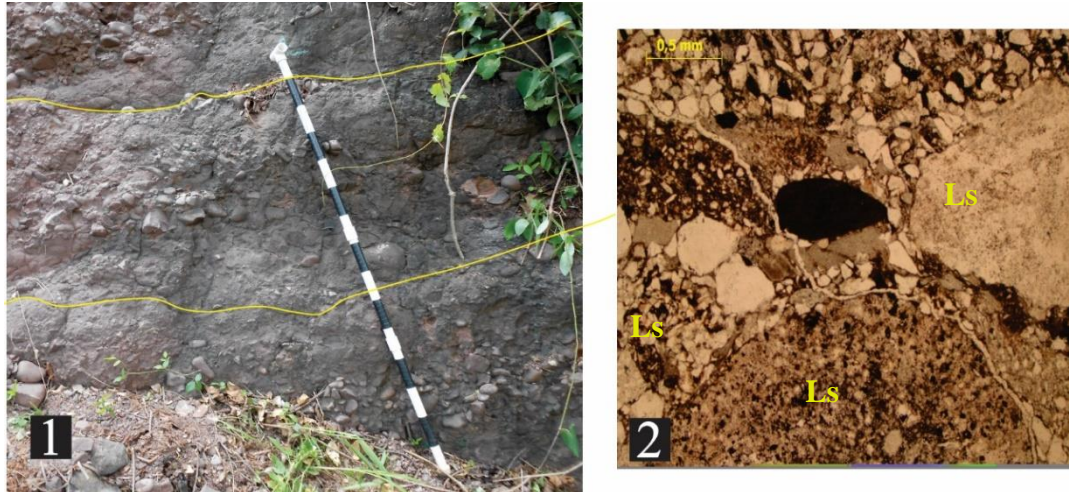
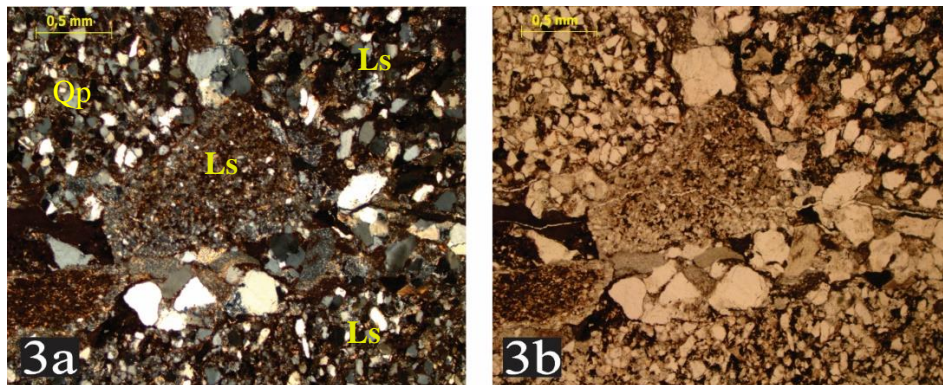


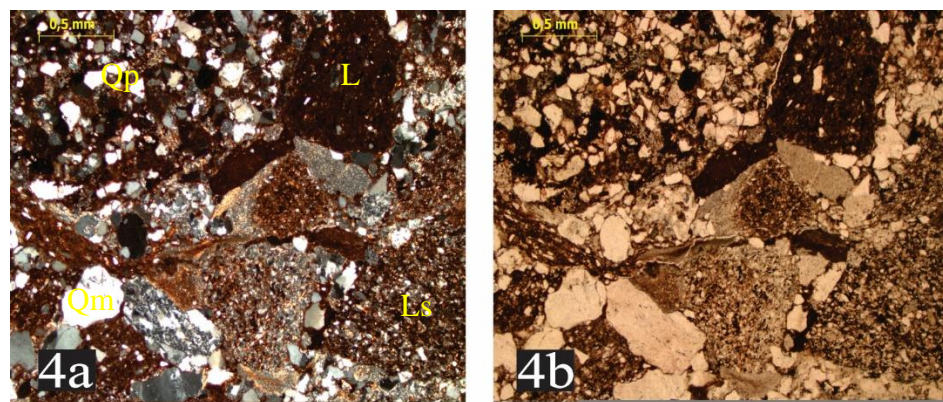
Figura 21. Columna Estratigráfica Peña Morada 1.



1. Foto de afloramiento de conglomerado clasto-soportado, con superficie estratigráfica ondulosa y clastos subangulares; 2. Clastos son fragmentos líticos sedimentarios (Ls), cuarzosos, matriz arena fina a media de cuarzo monocristalino. Vetilla rellena de sílice. Se aprecia en el medio un clasto opaco, con mayor redondez.



3. Clastos líticos (Ls) textura arena fina y matriz arena media. En el centro se aprecia un clasto de forma angular. Fractura afecta tanto matriz como armazón de la roca. 3a. LPA; 3b. LPNA.

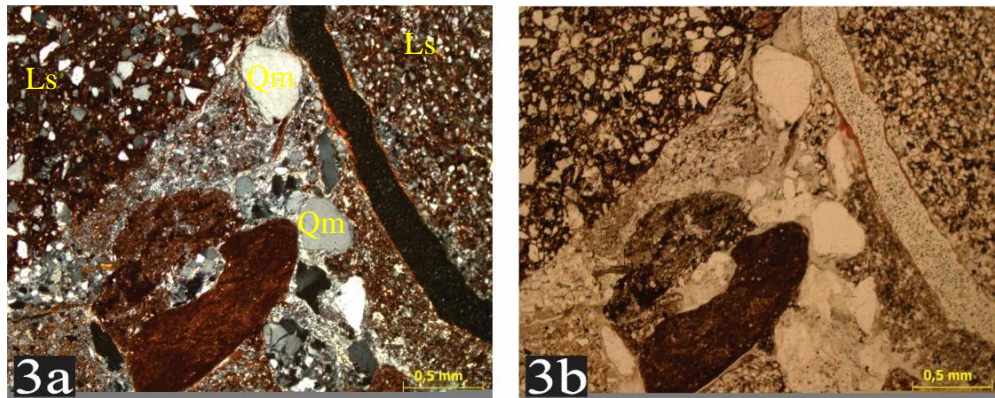


4. Predominio de clastos líticos compuestos por cuarzo, matriz tamaño arena media con granos redondeados de cuarzo monocristalino (Qm). Se aprecia cemento ferruginoso y matriz lodosa en algunos sectores. 4a. LPA; 4b. LPNA.

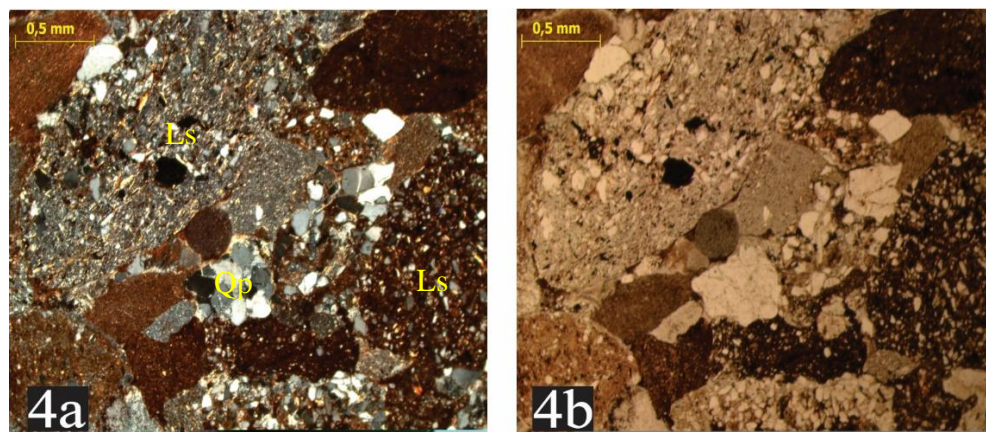
Figura 22. Petrografía de la muestra SRL2-1



1. Foto de afloramiento. Granos subredondeados no esféricos, algunos alargados; 2. Se aprecia el bajo contenido de matriz, tamaño lodo y arena muy fina. Cemento silíceo. Armazón gravoarenoso, matriz arenosa, contacto entre granos: concavo-convexo. Composicionalmente los clastos son líticos sedimentarios (Ls)

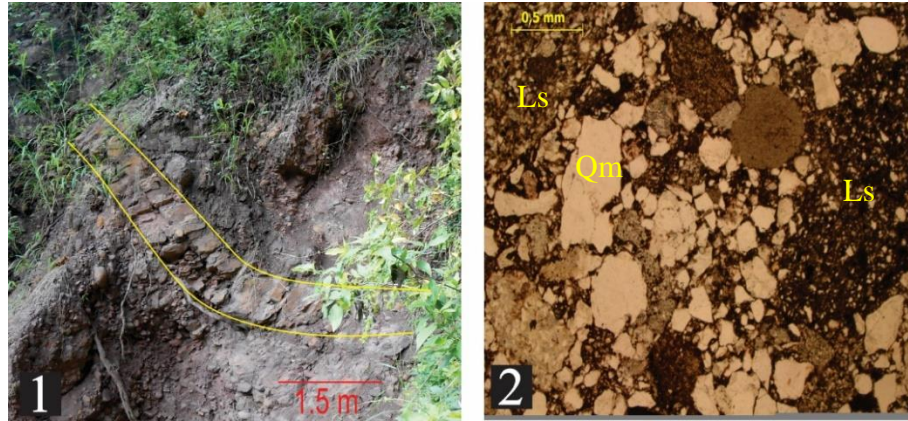


3. Cemento silíceo bordeando granos líticos más gruesos; matriz fina, granos más finos son de cuarzo monocristalino (Qm). Algunos presentan extinción ondulosa. Clasto opaco probablemente sea un lítico alargado. 3a. LPA; 3b. LPNA.

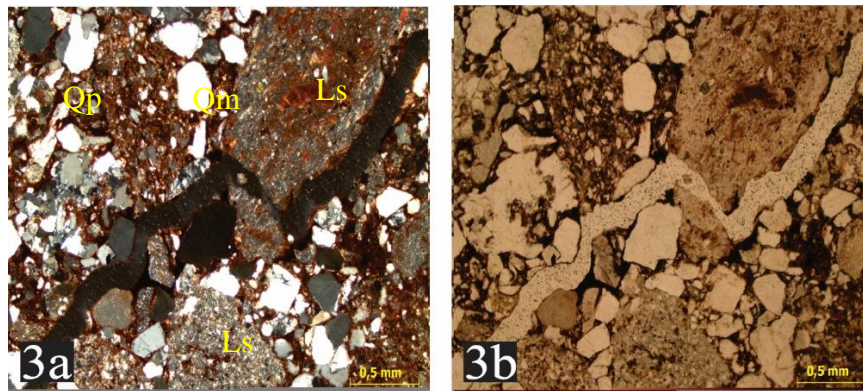


4. Clastos líticos (Ls) tienen textura interna fina. Granos angulosos de cuarzo policristalino. Matriz lodosa silícea. 4a. LPA; 4b. LPNA.

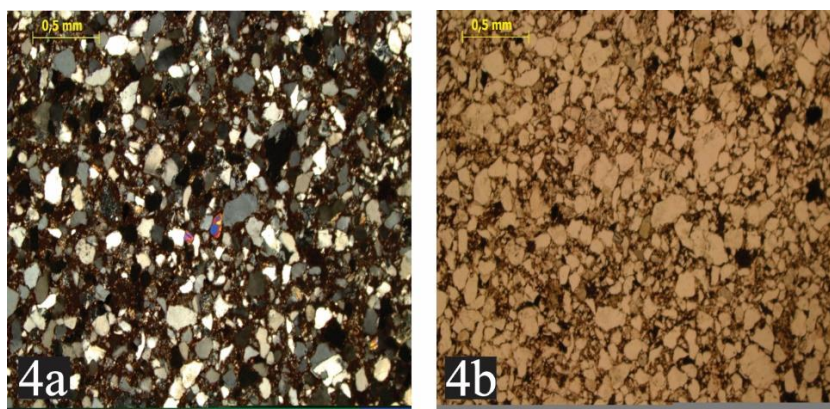
Figura 23. Petrografía de la muestra SRL-9.



1. Arenisca en afloramiento, con gradación normal. Clastos subangulares mal seleccionados. La fracción más fina presenta mejor selección; Armazón con líticos grises y verdosos; Matriz rojiza; 2. Armazón arenosoportado, matriz lodosa. Contacto entre partículas es concavo-convexo. Clastos son Líticos sedimentarios (Ls) y cuarzo monocristalino (Qm)



3. Fracción de la muestra con la textura más gruesa. Clastos subredoneados de mayor tamaño son líticos sedimentarios (Ls) y los de menor tamaño son cuarzos monocristalinos (Qm), predominantemente. Fractura rellena cortando tanto matriz como armazón. 3a. LPA; 3b. LPNA.



4. Fracción más fina de la muestra. Clastos subredondeados bien seleccionados de cuarzo monocristalino. Matriz arcillosa y cemento ferruginoso. En el centro de la imagen se aprecian clastos de circón. 4a. LPA; 4b. LPNA.

Figura 24. Petrografía de la muestra SRL-1

- **Conteo de Clastos.** Se llevó a cabo un conteo de 100 clastos con una grilla de 1 m². En la columna estratigráfica se aprecia la ubicación de las muestras, las cuales se describen en orden de posición estratigráfica, de base a tope, a continuación.
 - **Grilla 1:** Conglomerado de guijos y guijarros, clasto-soportado, con selección media, forma de las partículas subredondeadas y subangulares. La matriz es arenolodosa. Los clastos son líticos sedimentarios mayoritariamente, de textura arena fina a media.

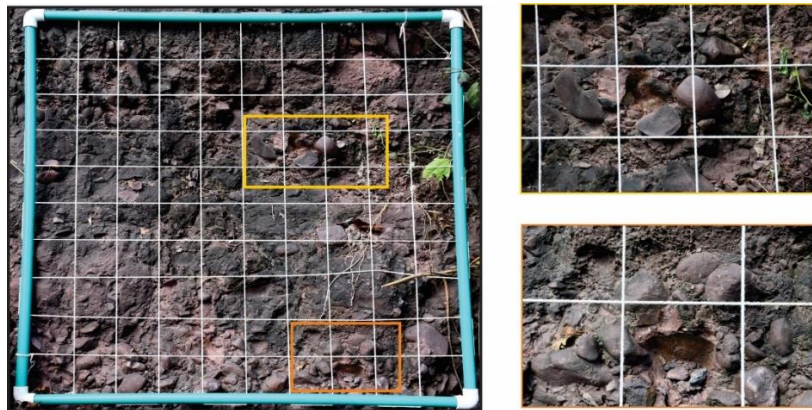


Figura 25. Grilla 1.

- **Grilla 2:** Conglomerado de guijos y guijarros, clasto-soportado, forma de las partículas subredondeadas y subangulares, en contacto concavo-convexo. Se aprecian algunos clastos blancuzcos, más silíceos, embebidos en una matriz rojo oscuro tamaño arena muy fina.

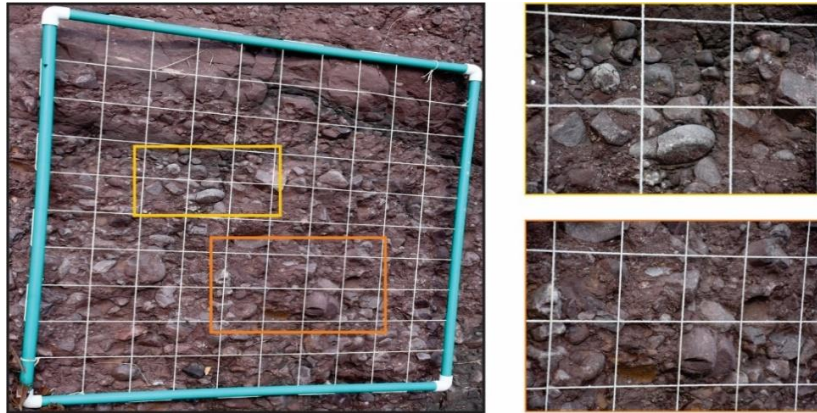


Figura 26. Grilla 2.

- **Grilla 3:** Conglomerado clasto-soportado, con leve gradación. Clastos son mayormente subredondeados tamaño guijos y gujarros, mal seleccionados. La fracción gránulos presente en esta muestra es de cuarzo y la matriz es de arena muy fina a fina. En general, el contenido de matriz aumenta respecto a las muestras mencionadas anteriormente, sin embargo, en algunos sectores se observa una ausencia de esta. Los clastos son mayoritariamente líticos sedimentarios de textura arena fina a media y algunos se encuentran fracturados.

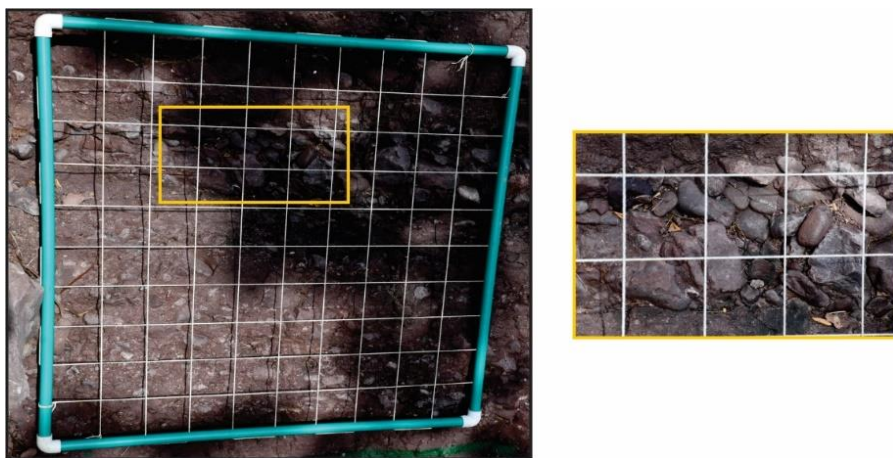


Figura 27. Grilla 3.

- **Grilla 4:** Conglomerado clasto-soportado, color rojo grisáceo, con textura guijos y gujarros, predominantemente. Clastos presentan forma subangular, no obstante, los de mayor

tamaño son subredondeados. La matriz presenta un color rojizo más intensa, de tamaño arena fina a media. En algunos sectores, el armazón está constituido por partículas blancuzcas que son fragmentos líticos de cuarzoarenitas de grano medio.

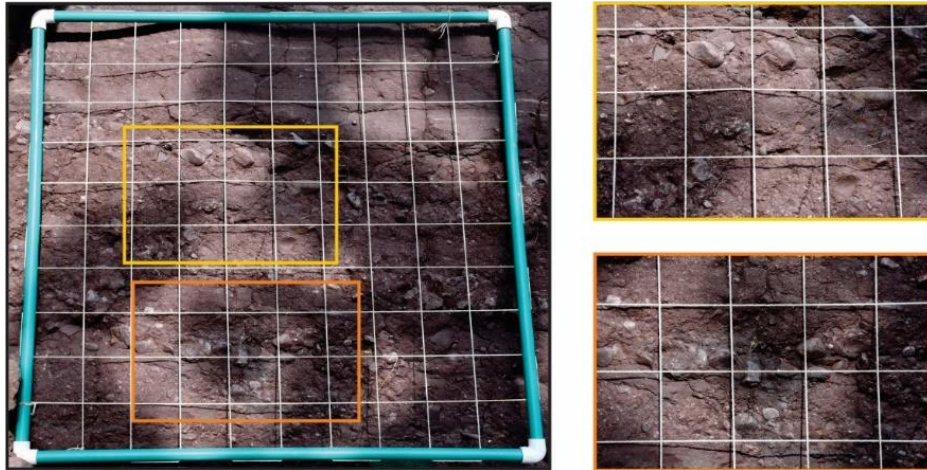


Figura 28. Grilla 4.

- **Grilla 5:** Conglomerado clasto-soportado, rojo grisáceo, de textura guijarros en la base y quijos en el tope, ligeramente orientados, de forma subredondeada y mala selección. La matriz es rojiza, arena gruesa. En algunos sectores el contenido de esta es casi nulo. Las partículas que conforman el armazón están en contacto cóncavoconvexo y composicionalmente son fragmentos líticos de rocas sedimentarias ricas en cuarzo. Algunas partículas presentan bleaching.

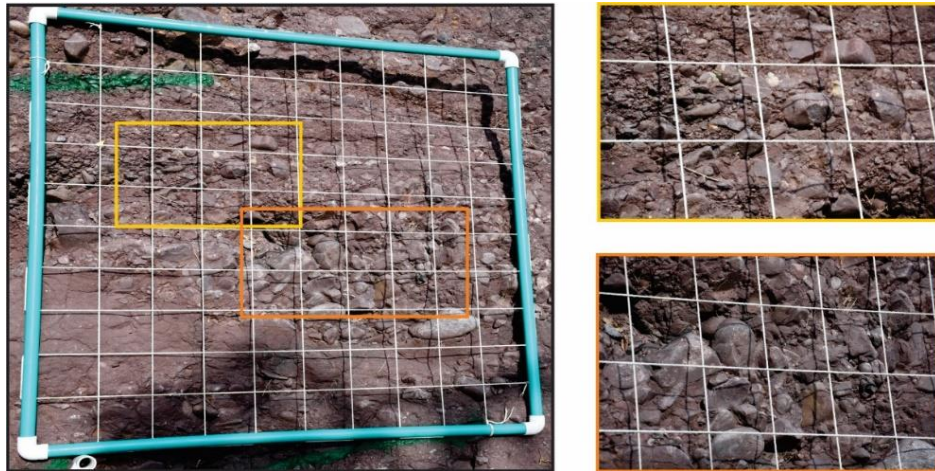


Figura 29. Grilla 5.

- **Grilla 6:** Conglomerado clasto-soportado, color rojo pálido, de clastos tamaño gránulos y guijos, y guijarros en menor proporción, de forma subredondeada a redondeada. La selección de la roca es media y la matriz es arena media a gruesa, color rojo más intenso, la cual presenta bleaching en algunos sectores. Los clastos son líticos sedimentarios, mayoritariamente.

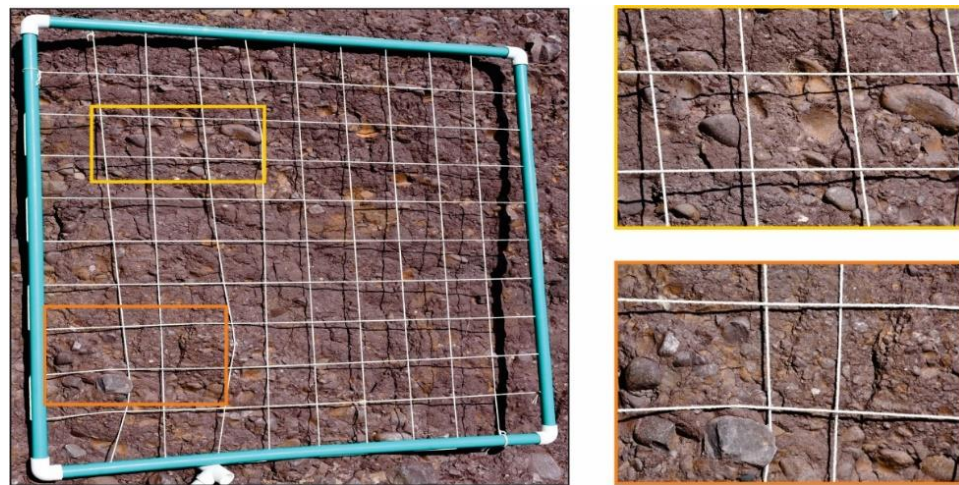


Figura 30. Grilla 6.

- **Grilla 7:** Conglomerado gris rojizo, clasto-soportado, partículas tamaño guijos y gujarros, estos últimos en mayor cantidad hacia la base. La forma de los clastos es subredondeada y subangular y la selección es mala. La matriz es arena fina a media. El armazón está constituido por fragmentos líticos sedimentarios tamaño arena fina y arena media. Algunos clastos tienen textura ligeramente conglomerática.

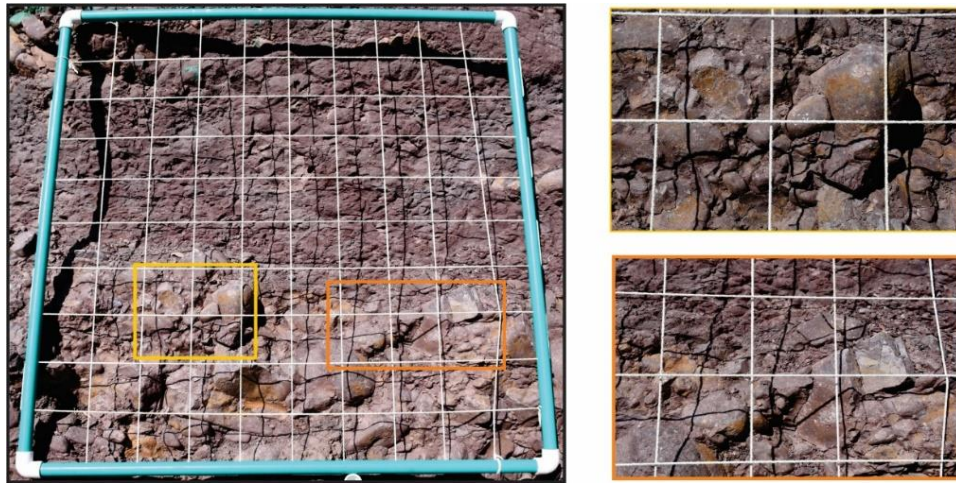


Figura 31. Grilla 7.

- **Grilla 8:** Conglomerado de guijos y gujarros, clasto-soportado, color gris rojizo, con clastos subredondeados mal seleccionados, sin orientación preferencial. Matriz esa arena gruesa. Los clastos grisáceos son de textura arena fina y media y composicionalmente son fragmentos líticos sedimentarios. Los de color blanco, son fragmentos de cuarcitas. Algunos clastos se encuentran fracturados.

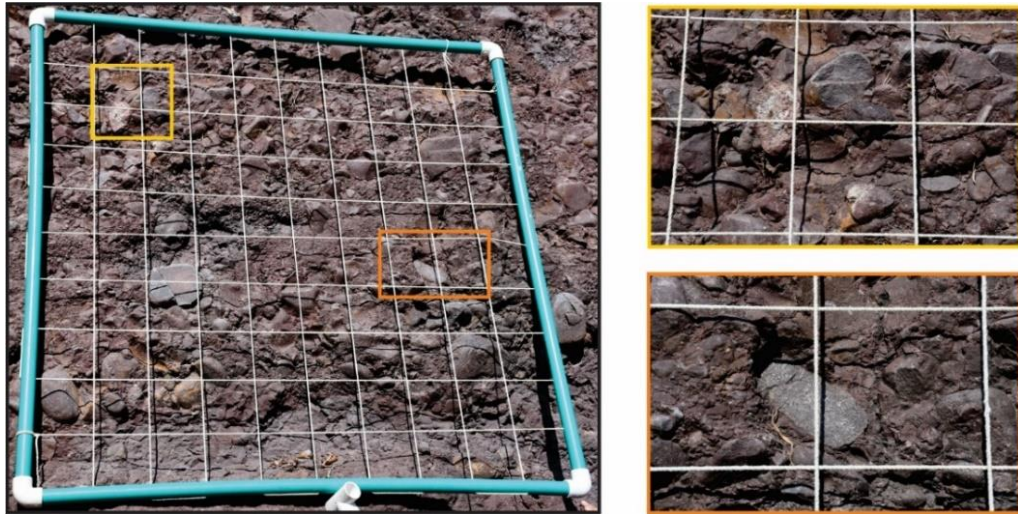


Figura 32. Grilla 8.

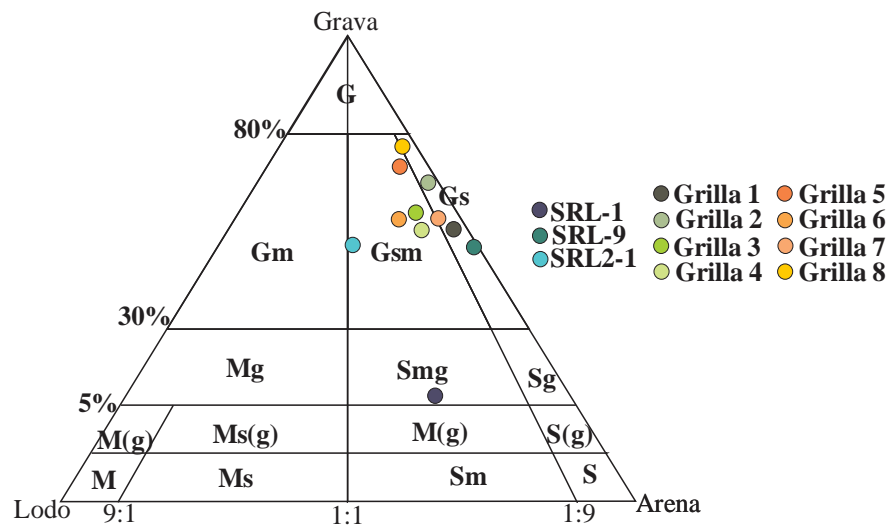


Figura 33. Clasificación textural de las muestras de la Columna Peña Morada 1. Adaptado de Folk (1974)

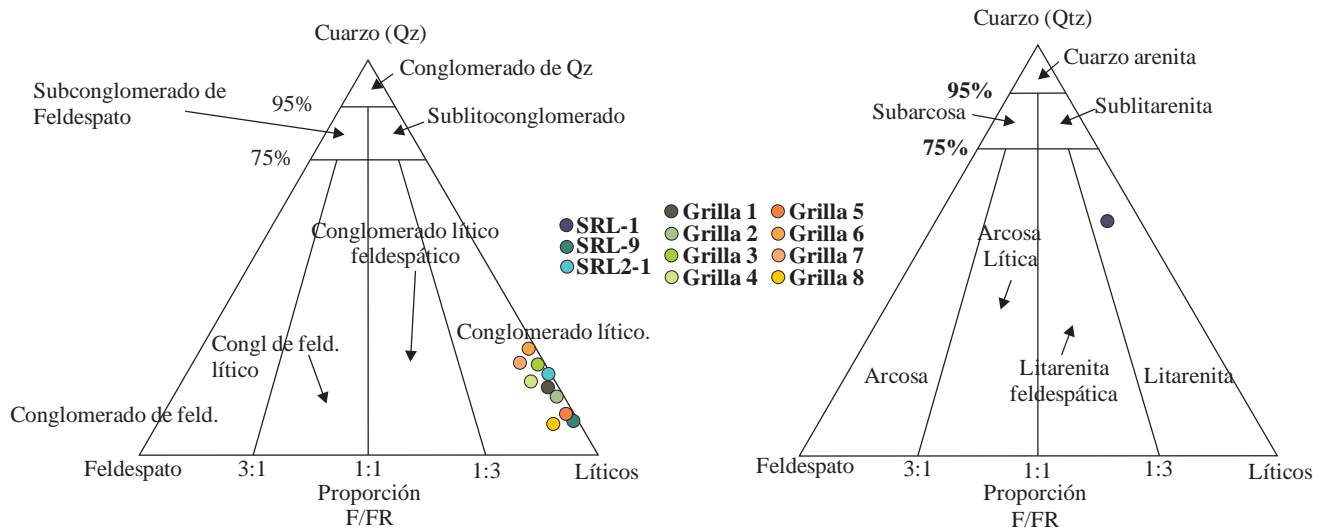


Figura 34. Clasificación composicional de las muestras de la Columna Peña Morada 1. Adaptado de Cruz et al (2007) basado en Folk (1974)

7.1.1.2 Columna Peña Morada 2. Se llevó a cabo en la parte superior de la sección. Allí, se pudieron analizar las características litológicas de la parte superior del Miembro Tambor y el tipo de contacto con la Formación Los Santos. La columna se divide en 10 segmentos, cuyas descripciones se presentan a continuación.

Segmento 1 (1.5 m). Constituido por una capa muy gruesa de conglomerado clasto-soportado, monomítico, color rojo pálido (5R 6/2) con gradación normal y laminación inclinada. La forma de los granos es subangular a subredondeada en el tope, presenta una selección muy mala. Su matriz es arena gruesa.

Segmento 2 (5.5 m). Inicia con una capa fina de arenisca de grano medio, después se tiene una sucesión granocreciente de conglomerados dispuestos en capas gruesas y muy gruesas, color marrón pálido (5YR 5/2). Los clastos son de guijos predominantemente, subangulares, entre 3 y 8 cm, alcanzando diámetros hasta de 23 cm, los cuales tienen una textura arena media y están

orientados hacia el tope. Se resalta la presencia de clastos de cuarzo lechoso. Seguidamente, se observa una capa de conglomerado de guijos y guijarros, gruesa, matriz-soportada, monomítica, con clastos de hasta 14 cm con textura arena fina. Después se presenta otra sucesión granocreciente de conglomerados clasto-soportados dispuestos en capas gruesas, de textura gránulos, y guijos en menor proporción, color rojo pálido y marrón amarillento pálido (10YR 6/6). La forma de las partículas es subangular a subredondeada, con mala selección y esfericidad baja. El tamaño de los clastos varía entre 3 y 14 cm de diámetro y la textura de estos es arena media a gruesa. El segmento finaliza con una capa media de arenisca de grano medio a grueso, bien seleccionada y con forma de las partículas subredondeada.

Segmento 3 (2 m). Está conformado por conglomerados clasto-soportados, dispuestos en capas gruesas que forman una sucesión granocreciente, de geometría tabular, color rojo pálido y con imbricaciones en algunos sectores. La selección es moderada y la forma de las partículas es subangular a subredondeada. Los clastos que constituyen el armazón alcanzan diámetros de hasta 35 cm.

Segmento 4 (3 m). Capas de conglomerado clasto-soportado color marrón pálido (5YR 5/2), en contacto neto y con geometría tabular. La forma de las partículas es subangular a subredondeada y la selección es mala. En la capa superior del segmento los clastos alcanzan diámetros de 20 cm y composicionalmente son líticos sedimentarios. La matriz es de arena muy gruesa y gránulos.

Segmento 5 (2 m). Se presenta un conglomerado matriz-soportado, con selección media, clastos redondeados y matriz arena media a gruesa. Seguidamente, se observa un conglomerado de guijos clasto-soportado. Esta capa tiende a acuñarse. La forma de las partículas que conforman esta litología es subangular, la esfericidad de estas es baja y la selección es mala. El tamaño de los

clastos oscila entre 5 y 6 cm. Este segmento conforma una sucesión granodecreciente y estratodecreciente.

Segmento 6 (8 m). Constituido por conglomerados de color rojo moderado (5R 4/6) y rojo pálido (5R 6/2), dispuestos en capas gruesas, con partículas de guijarros entre 5 y 6 cm, mal seleccionadas, con esfericidad baja y forma de los granos angular y subangular, imbricados hacia la parte superior de la capa. La matriz de la roca es arena fina a media. El segmento finaliza con un cubierto.

Segmento 7 (2 m). Las capas de este segmento presentan geometría tabular y el contacto entre ellas es neto. En la parte inferior de este segmento se presenta una capa de conglomerado con textura guijos, gradación normal, de color amarillo oscuro (5Y 6/4), con mala selección, forma de los clastos subangular y matriz rojiza de tamaño arena media a gruesa. Seguidamente se tiene una capa de conglomerado de guijarros de 50 cm de espesor, con presencia de algunos bloques, con forma de las partículas subredondeada y matriz de gránulos. Estas dos litologías conforman una sucesión granocreciente. Después, se observa una disminución del tamaño de grano de las capas, conformándose una sucesión granodecreciente, donde la textura varía entre guijarros en las capas basales hasta arena gruesa en la capa superior del segmento, la cual presenta gradación normal. Composicionalmente, los clastos son cuarzosos de color rojo grisáceo.

Segmento 8 (3 m). Está conformado por una alternancia de areniscas de grano medio a grueso, dispuestas en capas medias, con conglomerados de color rojo grisáceo de gránulos y guijos, clasto-soportados, monomícticos. Las areniscas presentan buena selección, baja esfericidad y forma de los granos angular. Algunas de estas son ligeramente conglomeráticas en la base, presentando clastos tamaño gránulos y guijos. Los conglomerados presentan una forma de los granos

subredondeada y selección media. Asimismo, presentan gradación normal. La base de este segmento está conformada por una sucesión granocreciente, alcanzando tamaños de guijarros, mientras que la parte superior del segmento presenta una sucesión granodecreciente, llegando la capa del tope a ser de textura arena media.

Segmento 9 (5 m). Este segmento está constituido por conglomerados clasto-soportados, monomíticos, dispuestos en capas muy gruesas, de color marrón pálido (5YR 5/2), geometría tabular y forma de los granos subangular. En medio de estas dos capas hay un cubierto de 2m.

Segmento 10 (3 m). Está conformado por capas medias y gruesas de areniscas de grano fino, de color rojo oscuro (5R 3/4). La capa más inferior presenta laminación planoparalela y mayor contenido de micas. Las capas de la parte superior presentan mayor espesor y tienen una selección buena, con la forma de sus granos subredondeada; estas areniscas son más competentes que las mencionadas en los segmentos anteriores y presentan color un poco más grisáceo.

- **Petrografía.** En orden estratigráfico de base a tope. se tomaron las muestras SCS-15 y SCS-21 para su análisis petrográfico. A continuación, se muestran las principales características composicionales y texturales de las litologías analizadas. En la columna estratigráfica se aprecia la ubicación de las muestras.

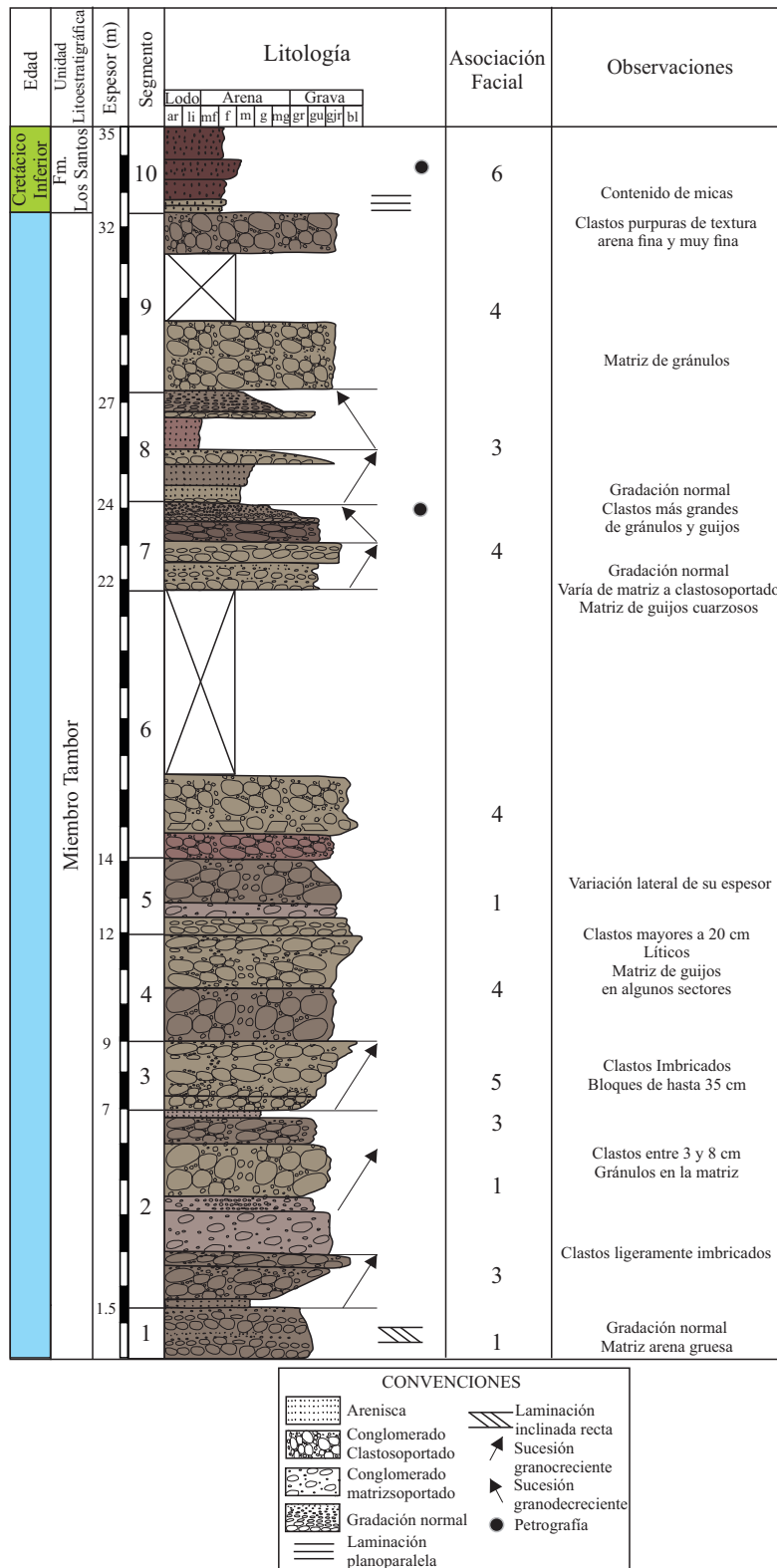
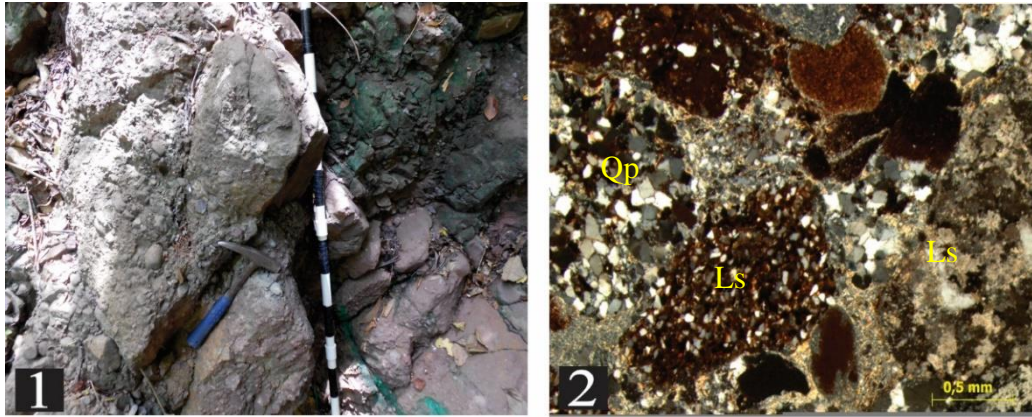
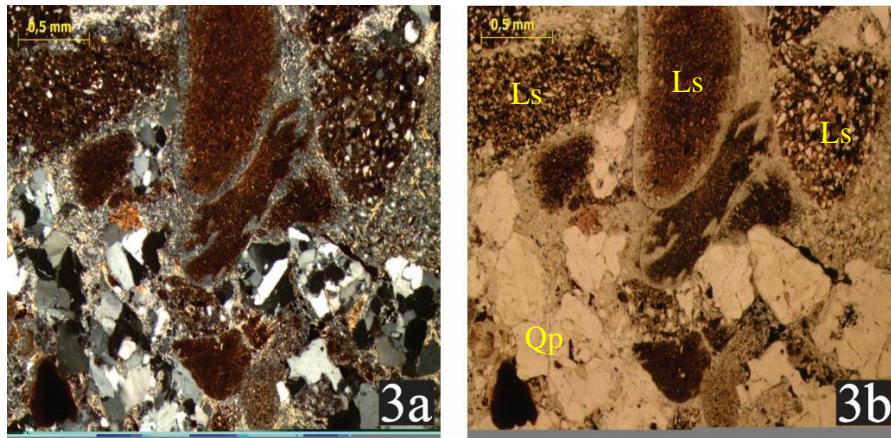


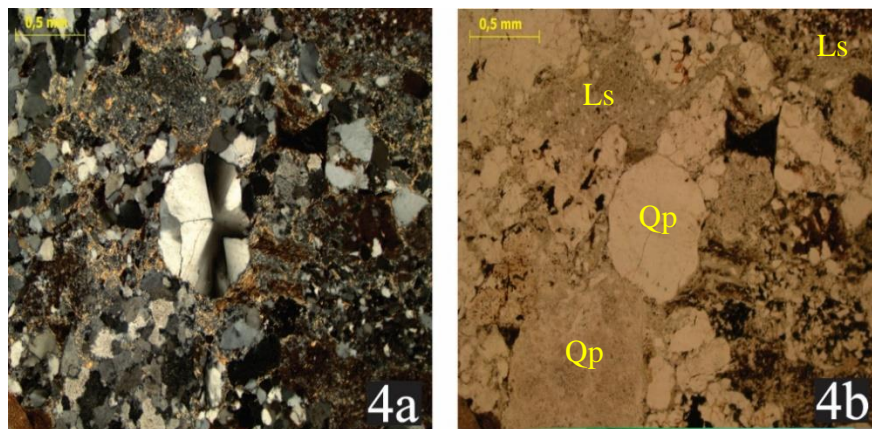
Figura 35. Columna Estratigráfica Peña Morada 2.



1. Muestra en afloramiento, clastosoportada, granos tamaño gránulos, y guijos en menor cantidad. Matriz rojiza de tamaño arena muy fina y arena fina, de color rojiza. Granos grisáceos son líticos sedimentarios; 2. Clastos mayoritariamente líticos sedimentarios (Ls). Matriz arena muy fina de cuarzos monocristalinos.

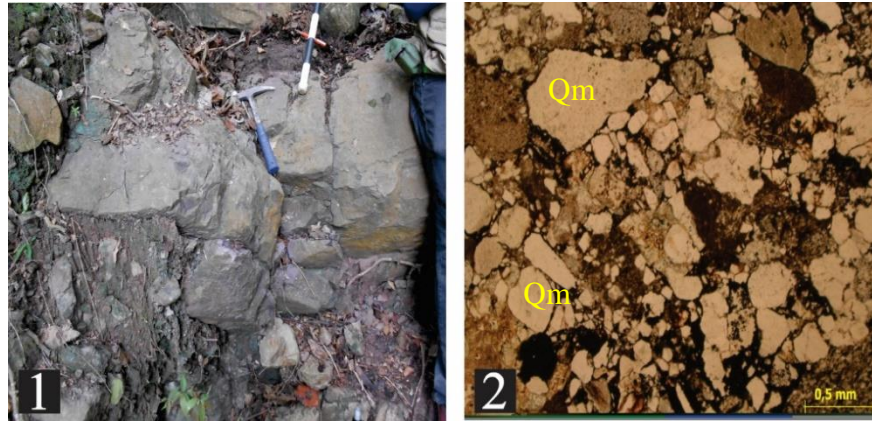


3. Clastos más gruesos son líticos cuarzosos (Ls) subangulares. Fracción más fina es de granos de cuarzo policristalino (Qp) con formas subangulares. Bajo contenido de matriz, tamaño arcilla. Cemento ferruginoso en algunos sectores. 3a. LPA; 3b. LPNA.

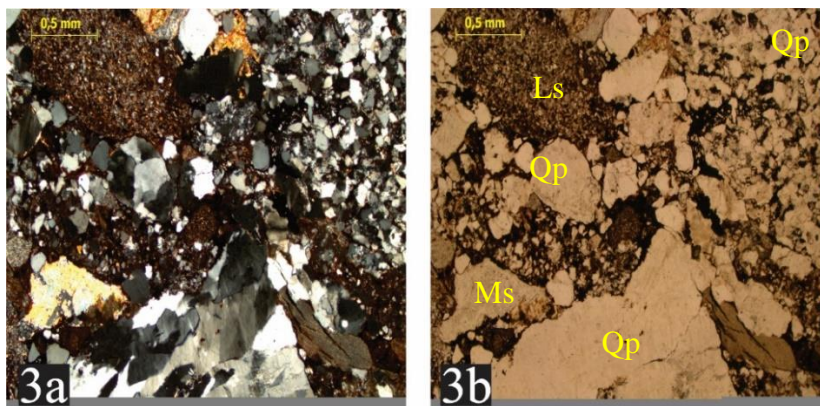


4. Granos de cuarzo policristalino (Qp), en matriz de arena fina y muy fina. En el centro de la imagen se aprecia un clasto de cuarzo con extinción ondulosa. 4a. LPA; 4b. LPNA.

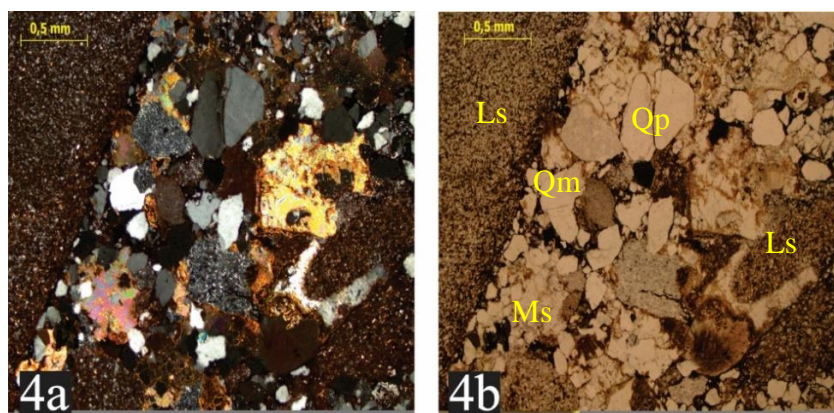
Figura 36. Petrografía de la muestra SCS-15



1. Imagen de afloramiento. Arenisca color rojo pálido de grano grueso a muy grueso en algunos sectores; 2. Roca con selección media, clastos subangulares y subredondeados. El contacto entre las partículas es cóncavo-convexo. Roca bien compactada.



3. Se muestran los clastos de mayor tamaño (guijos) de líticos sedimentarios (Ls) y cuarzos policristalinos (Qp). Clasto angular en la parte inferior izquierda es de muscovita (Ms). Clastos tamaño arena son de cuarzo monocristalino y la matriz de la muestra es lodosa en algunos sectores. 3a. LPA; 3b. LPNA.



4. Hacia el costado izquierdo se aprecia un clasto de lítico (Ls) tamaño grava. Los demás granos alcanzan tamaño arena gruesa. La mayoría están conformados por cuarzo monocristalino (Qm), sin embargo, se aprecian clastos líticos y micáceos de igual textura. 4a. LPA; 4b. LPNA.

Figura 37. Petrografía de la muestra SCS-22

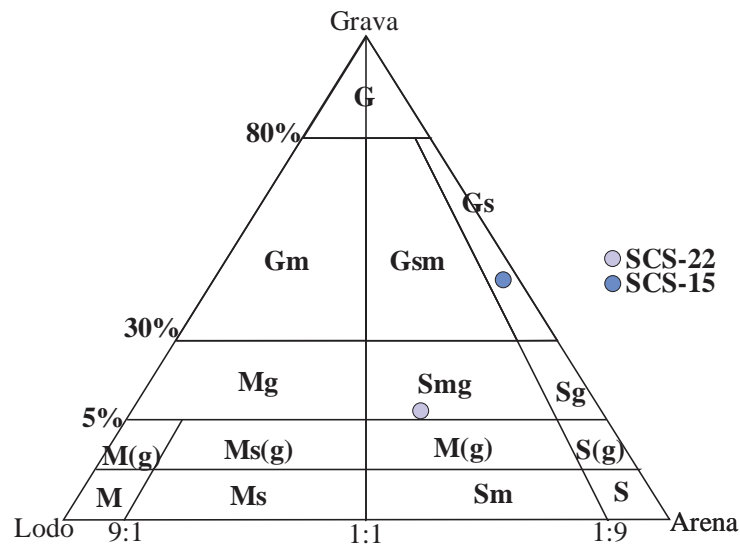


Figura 38. Clasificación textural de las muestras de la Columna Caño Seco 2. Adaptado de Folk (1974)

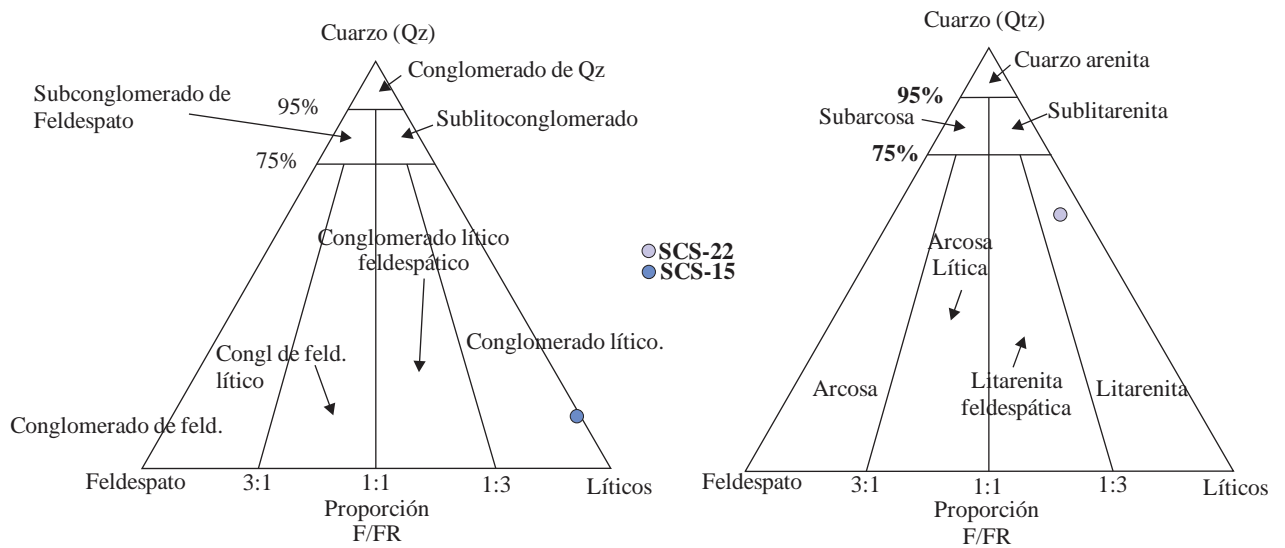


Figura 39. Clasificación composicional de las muestras de la Columna Caño Seco 2. Adaptado de Cruz et al (2007) basado en Folk (1974)

7.1.2. Sección El Cerro

En esta sección se encuentra el Miembro Tambor en la base en contacto transicional con La Formación Rio Lebrija, mientras que el contacto hacia el techo con la Formación Los Santos se encuentra cubierto. Se realiza una columna estratigráfica con el método de poligonal abierta y bastón de Jacob. La poligonal realizada dio un espesor total de 515 m, donde 465 m pertenecen al Miembro Tambor. La columna se divide en 16 segmentos, cuyas descripciones se presentan a continuación.

Segmento 1 (7.5 m). Compuesto por areniscas conglomeráticas con gradación normal y areniscas de grano grueso. Las capas de este segmento presentan laminación planoparalela y conforman una sucesión granodecreciente. Estas litologías se caracterizan por ser muy competentes, con granos subredondeados y selección media a buena. Composicionalmente, se observan gránulos de cuarzo cristalino y algunos líticos. El porcentaje de matriz es muy bajo en estas litologías. Partiendo de estas características, las rocas de este segmento se determinaron como sublitoarenitas, con formula promedio Q (80%), F (15%), L (5%)

Segmento 2 (7.5 m). Conformado por areniscas de grano grueso a muy grueso, ligeramente conglomeráticas, de color verde grisáceo (5GY 7/2), dispuestas en capas medias y gruesas, tabulares, en contacto neto, dentro de las cuales el tamaño de las partículas es gránulos y guijos. Los clastos son subredondeados a subangulares y la selección es moderada. Estas litologías están compuestas principalmente por granos de cuarzo y fragmentos líticos sedimentarios. El dato de rumbo y buzamiento de la superficie de estratificación es 190°/84° en Azimut de rumbo.

Segmento 3 (8 m). Está conformado por una alternancia de areniscas de grano fino a medio, dispuestas en capas medias, con conglomerados de guijarros, clasto-soportados, oligomícticos, dispuestos en capas gruesas, de color gris verdoso. La geometría de las capas de este segmento es tabular y el contacto es neto entre ellas. La forma de las partículas en las areniscas es subangular, mientras que en los clastos de los conglomerados es subredondeada y la selección es mala.

Segmento 4 (10 m). En la base aflora una capa lodosa de color rojo oscuro (5R 3/4). Superior a esta, se presenta en contacto neto una sucesión de conglomerados dispuestos en capas gruesas, con geometría tabular, clasto-soportados, oligomícticos, color gris oliva (5Y 4/1) y gris amarillo moderado (5GY 7/2). El tamaño de las partículas es guijos y guijarros, la forma de las partículas es predominantemente subredondeada y la selección es baja. Esta litología se caracteriza por presentar cemento calcáreo. Los clastos que conforman el armazón presentan diámetros de hasta 6 cm, algunos se encuentran fracturados y desplazados.

Segmento 5 (12 m). Constituido por conglomerados clasto-soportados y matriz-soportados dispuestos en capas gruesas. Las capas presentan gradación normal, la forma de los clastos es subredondeada, con baja esfericidad y mala selección. Los tamaños de grano varían entre guijarros y gránulos. Los clastos son cuarzosos, el cemento es calcáreo y la matriz está presente en bajas proporciones (< 15%) y es tamaño arena media. Las capas de este segmento conforman una sucesión granodecreciente

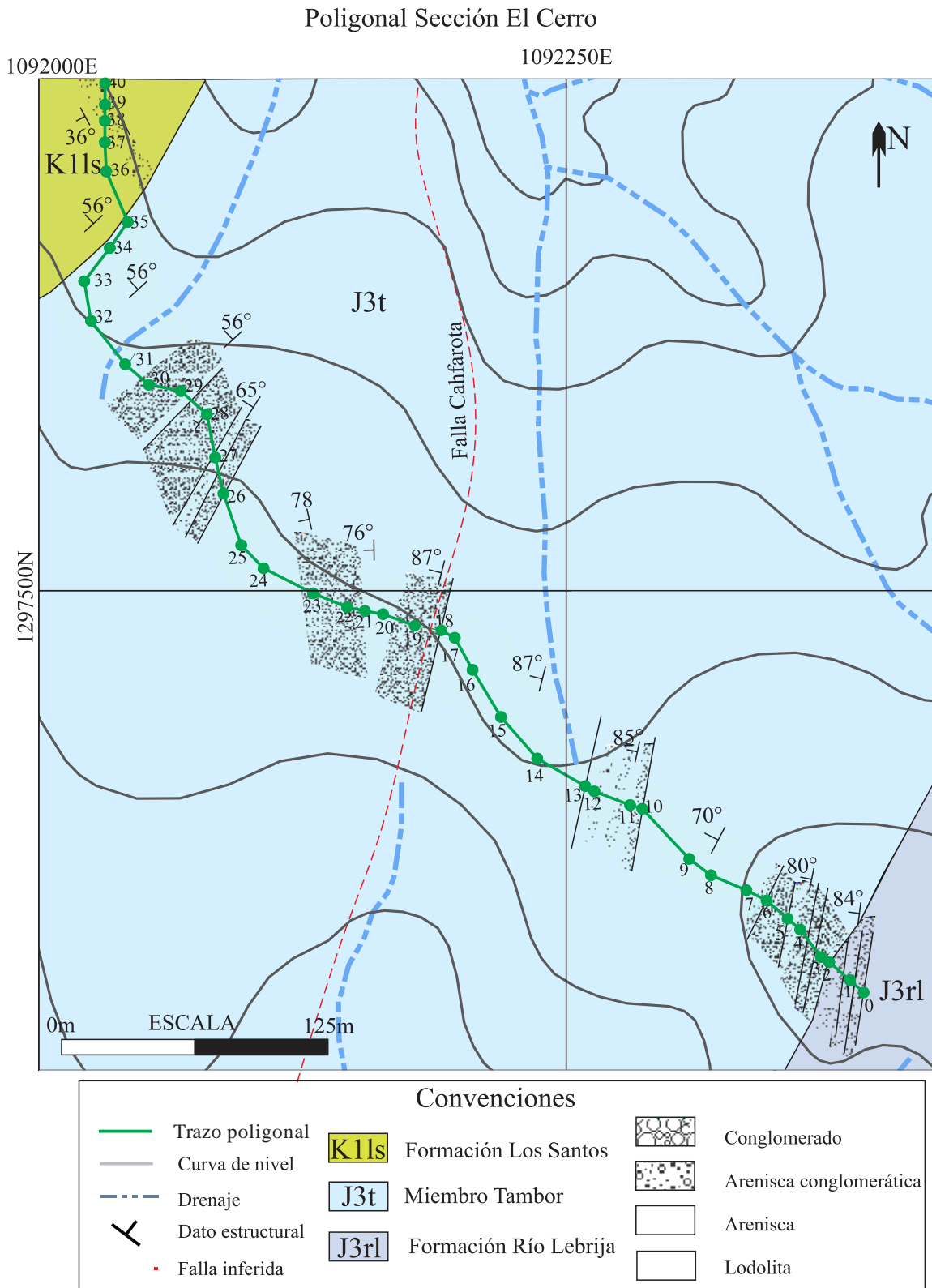


Figura 40. Poligonal elaborada en la sección El Cerro.

Segmento 6 (8 m). Conformado por areniscas de grano medio de color rojo oscuro, dispuestas en capas medias, con buena selección, forma de las partículas subredondeada y matriz lodosa, en contacto neto con conglomerados clasto-soportados, monomícticos, mal seleccionados con partículas subredondeadas, sin esfericidad. Esta litología presenta pequeñas vetillas de cuarzo cristalino. El segmento finaliza con una capa de lodolita fisil de color rojo oscuro.

Segmento 7 (10 m). Está constituido de conglomerados clasto-soportados dispuestos en capas medias y gruesas de geometría tabular. Las litologías de la base son grises y a medida que se asciende estratigráficamente adquieren un color más verdoso. El tamaño de grano varía de gránulos hasta capas conformadas por guijarros y algunos bloques. La forma de las partículas es predominantemente subredondeada y la selección es mala. En la mitad del segmento, se presenta una capa con gradación inversa. Este segmento se caracteriza por la abundante presencia de cemento calcáreo poiquilotópico y bajo contenido de matriz. Las capas de la base de este segmento conforman una suceción granocreciente. Composicionalmente las rocas de este segmento son determinadas como conglomerado lítico con formula Q (3%), F (2%), L (95%).

Segmento 8 (68 m). Inicia en la base con una interestratificación entre areniscas, dispuestas en capas medias, con conglomerados de gránulos. Las areniscas tienen color gris verdoso, son de grano grueso, ligeramente conglomeráticas. La forma de las partículas es subredondeada y presentan una mala selección. El conglomerado es clasto-soportado, monomíctico, con forma de los clastos subangular. Composicionalmente, ambas litologías se constituyen de cuarzo y fragmentos líticos. La parte superior del segmento se encuentra cubierta.

Segmento 9 (38 m). Segmento predominantemente arenoso, conformado por areniscas dispuestas en capas gruesas de color rojo moderado (5R 4/6), de grano grueso y ligeramente conglomeráticas. La forma de las capas de este segmento es tabular y en algunos sectores se aprecia una sucesión granocreciente, donde el tamaño de grano varía desde arena media hasta gránulos y guijos.

Segmento 10 (112 m). Constituido por conglomerados clasto-soportados, monomícticos, dispuestos en capas medias y gruesas de color rojo grisáceo (5R 4/2) y rojo oscuro (5R 3/4). La forma de los clastos es angular a subangular, mal seleccionados. Los tamaños varían entre gránulos y guijarros, con una predominancia de estos últimos. La matriz presenta color más rojizo y es tamaño arena gruesa.

Segmento 11 (104 m). Conformado por conglomerados clasto-soportados, dispuestos en capas gruesas de color rojo grisáceo y rojo oscuro, de geometría tabular, tamaño de grano guijo y guijarro. La forma de las partículas es subangular a subredondeada y la selección es mala.

Segmento 12 (7 m). Está constituido por conglomerados clasto-soportados, dispuestos en capas medias y gruesas de geometría tabular, color rojo oscuro, con forma de partículas subredondeada y mala selección. Los clastos son grisáceos, tamaño guijarros y de textura arena fina, fracturados, con laminación interna y bleaching. En algunos sectores se encuentran imbricaciones.

Segmento 13 (8 m). Es una alternancia entre areniscas de grano medio a grueso con conglomerados de guijarros. Las capas de arenisca son medias y tienen geometría tabular, la selección es buena, los clastos son esféricos y su forma es subredondeada. Las capas de conglomerado son gruesas, color rojo moderado (5R 4/6), en contacto neto con las areniscas. La selección es mala y los clastos alcanzan hasta 5 cm de diámetro. Estos presentan una textura arena

fina a media y composicionalmente son homogéneos, siendo líticos sedimentarios compuestos principalmente por cuarzo. La matriz es de color rojo pálido y su textura es arena media.

Segmento 14 (22 m). El segmento consta de conglomerados clasto-soportados dispuestos en capas color rojo claro, de geometría tabular, con textura guijarros y bloques. Las partículas alcanzan diámetros de hasta 24 cm, con una composición homogénea, de fragmentos líticos sedimentarios compuestos principalmente por cuarzo, de textura arena fina a media. La matriz es de arenosa con partículas tamaño gránulos. Las capas que forman este segmento presentan imbricaciones.

Segmento 15 (44 m). Se conglomerados clasto-soportados dispuestos en tienen capas medias, de textura guijos y guijarros con gradación normal, mal seleccionados y con forma de las partículas subredondeadas. La matriz es rojo pálido y con textura arena media. Composicionalmente estas litologías se clasifican como conglomerado lítico con formula Q (2%), F (2%), L (96%).

Segmento 16 (50 m). Capas gris verdosas y gris amarillento pálido (10GY 7/2) de lodolitas físisles y areniscas de grano fino a medio con geometría tabular y laminación planoparalela. La selección es buena y los clastos son subredondeados, predominantemente. El dato de rumbo y buzamiento es 150°/36° en azimut de rumbo.



Figura 41. Afloramiento basal del Segmento 1. Areniscas con laminación interna. Az 330°



Figura 42. Afloramiento segmento 7. Conglomerado de guijos color rojo claro y matriz arenosa. Az 200°



Figura 43. Afloramiento del segmento 11. Conglomerado clasto-soportado con partículas subredondeadas y subangulares. Az 220°

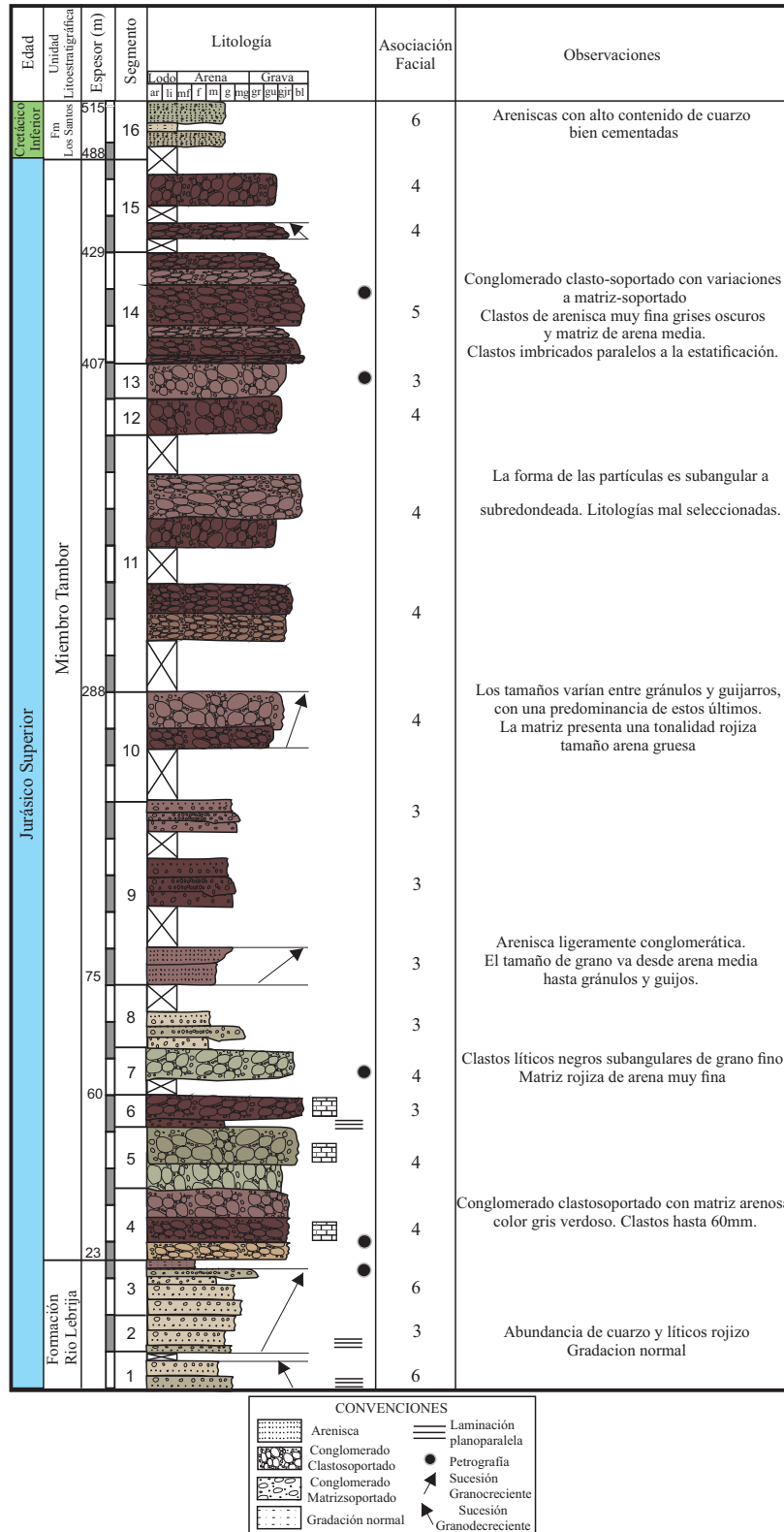


Figura 44. Columna estratigráfica sección El Cerro.

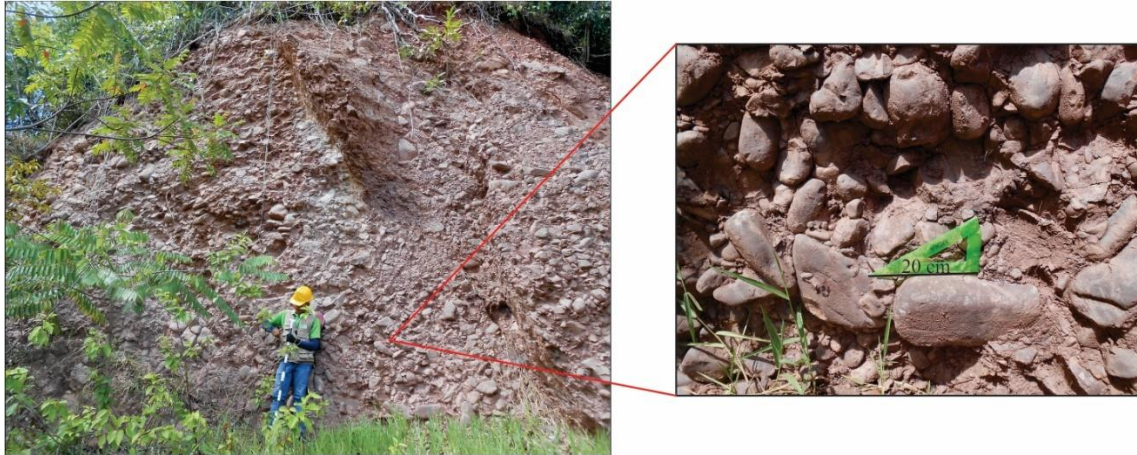
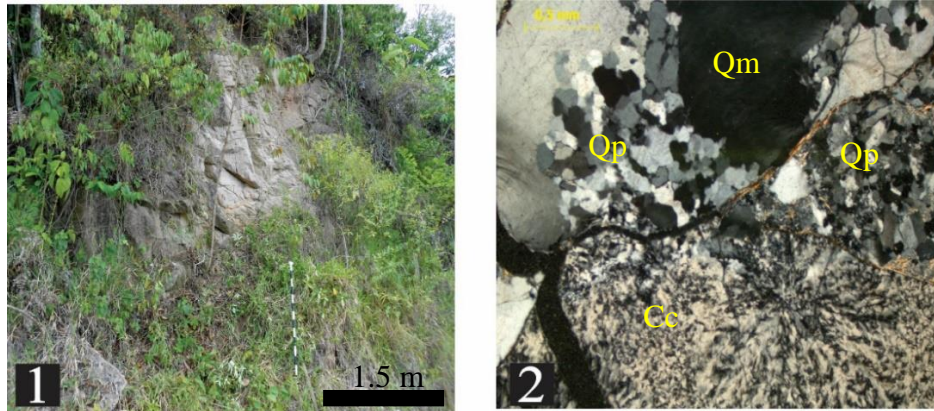


Figura 45. Parte media de la sección El Cerro (Segmento 13). Azimut 270°.

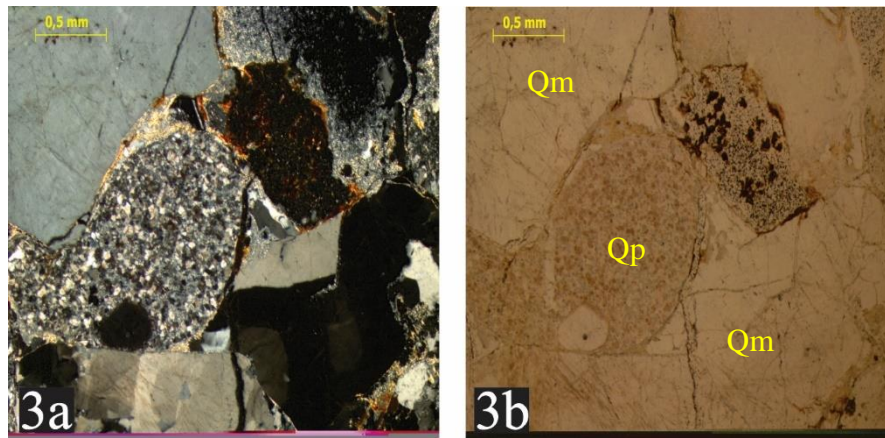


Figura 46. Areniscas y lodolitas del tope de la sección El Cerro (Segmento 16). Azimut 230°.

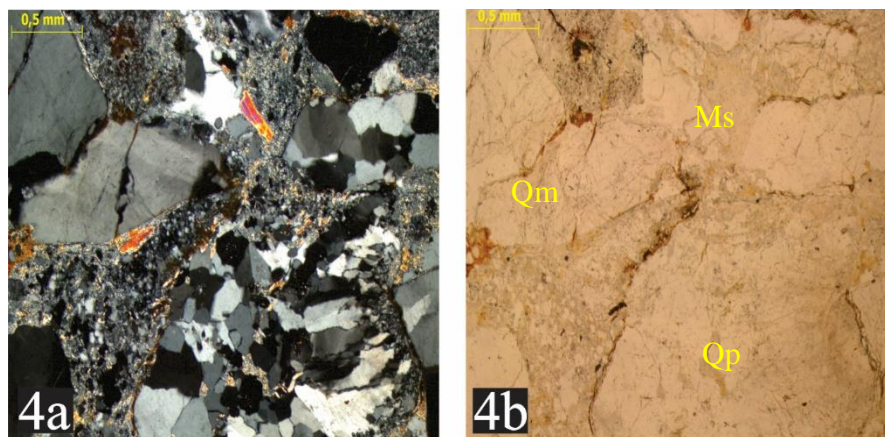
- **Petrografía.** En orden estratigráfico de base a tope, se tomaron las muestras SEC-14, SEC-2122, SEC-3839, SEC2-61 Y SEC2-70 para su análisis petrográfico. A continuación, se muestran las principales características composicionales y texturales de las litologías analizadas. Para su clasificación, se llevó a cabo un conteo de 250 puntos; en la columna estratigráfica se aprecia la ubicación de las muestras.



1. Capas de arenisca en afloramiento de color gris clara; 2. Sección delgada de la muestra donde se aprecian clastos subredondeados de cuarzo monocristalino (Qm) y policristalino (Qp). Contacto entre los granos es cóncavo-convexo. Matriz lodosa. El clasto que se encuentra en la parte inferior es de calcedonia (Cc).

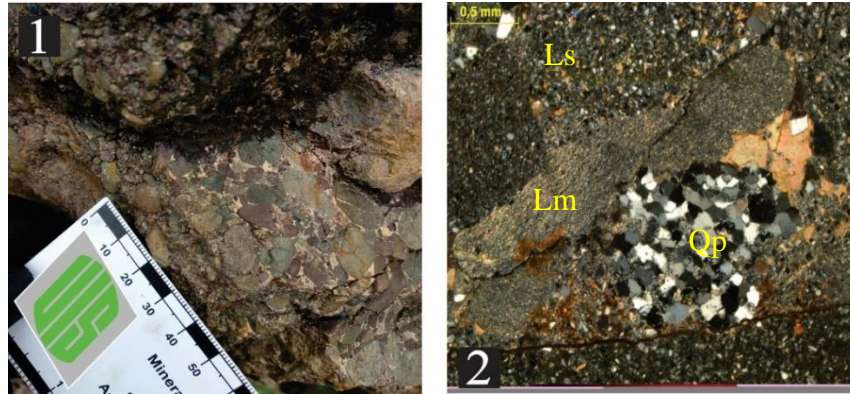


3. Grano redondeado de cuarzo policristalino (Qp) en contacto con clastos más angulares de cuarzo monocristalino (Qm) con extinción ondulosa. Se aprecia un óxido angular. Matriz arcillosa, micácea en algunos sectores. 3a. LPA; 3b. LPNA.

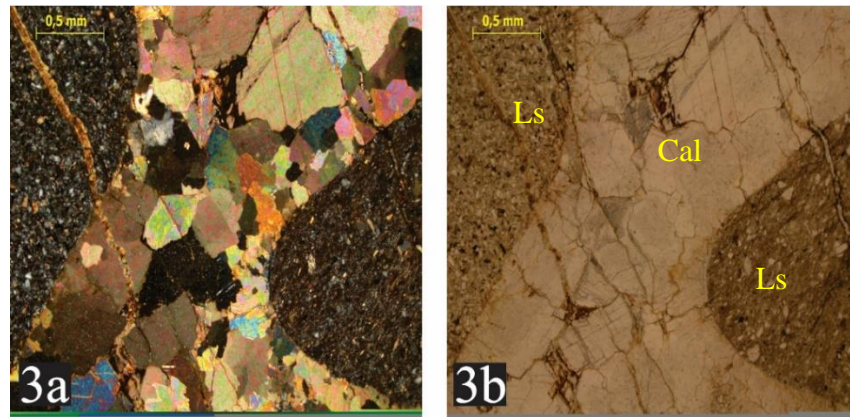


4. Clastos de cuarzo policristalino (Qp) embebidos en una matriz limosa. Algunos están fracturados. Se observan micas cristales de muscovita (Ms) y cemento ferruginoso. 4a. LPA; 4b. LPNA.

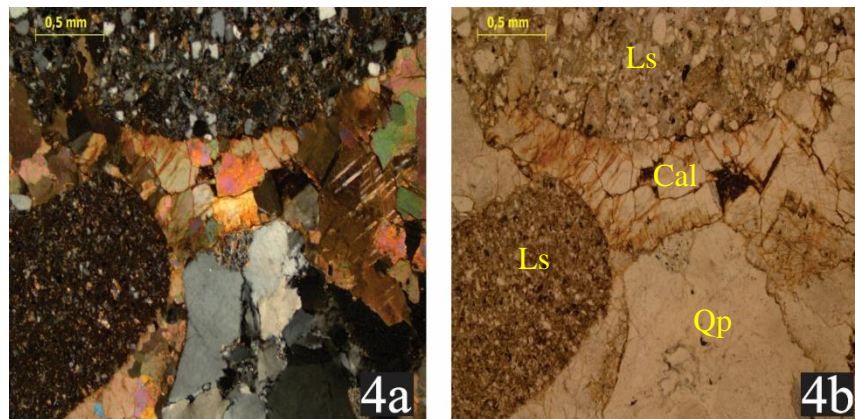
Figura 47. Petrografía de la muestra SEC-14.



1. Conglomerado clasto-soportado mal seleccionado en afloramiento. Los clastos son de diferente color y tamaño;
 2. Clastos de cuarzo policristalino (Qp) y líticos sedimentarios (Ls) y metamórficos (Lm); dentro de ellos se aprecian pequeños cristales de micas orientadas.

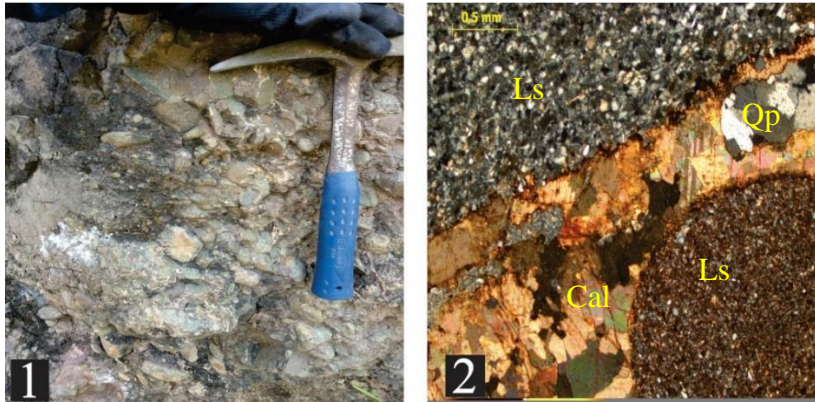


3. Se muestra el cemento calcáreo (Cal) que compacta la roca. Hacia los costados de las imágenes se pueden observar clastos líticos sedimentarios (Ls) redondeados. Muy bajo contenido de matriz. Tanto el armazón como el cemento se ven afectados por fracturas y relleno de carbonato. 3a. LPA; 3b. LPNA.

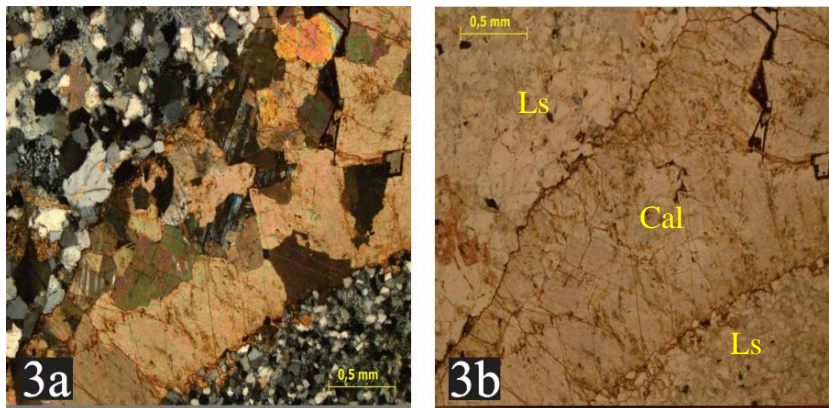


4. En la parte inferior derecha se aprecia un grano subredondeado de cuarzo policristalino (Qp) con extinción ondulosa. Los demás clastos son líticos sedimentarios areno-soportados. Entre los granos el cemento calcáreo, característico de esta litología. 4a. LPA; 4b. LPNA.

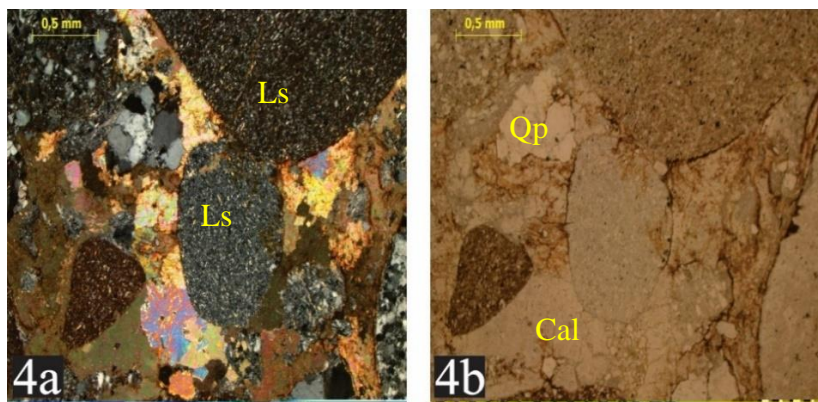
Figura 48. Petrografía de la muestra SEC-2122.



1. Roca en afloramiento. Tamaño de grano guijos y guijarros, con algunos fragmentos de tamaño gránulo y arena muy gruesa, con colores gris verdoso y rojizo. Armazón gravo arenoso. Matriz de líticas, pero más angulosos; 2. Clastos más gruesos son líticas de tamaño arena fina (Ls), granos de menor tamaño están compuestos de cuarzo policristalino (Qp). Abundante cemento calcáreo (Cal).

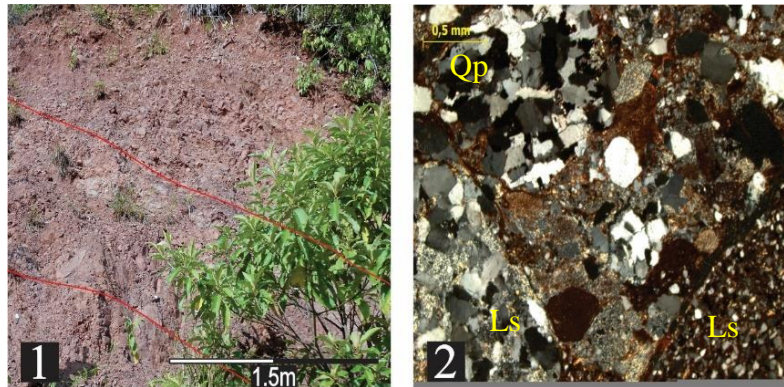


3. Tipo de contacto entre los cristales calcáreos es suturado. Se aprecia la macla polisintética de la calcita (Cal). Entre clastos y cemento hay una pequeña capa de oxidación. Hacia los bordes de la imagen se aprecian clastos líticas (Ls) compuestos principalmente por cuarzo y feldespato. 3a. LPA; 3b. LPNA.

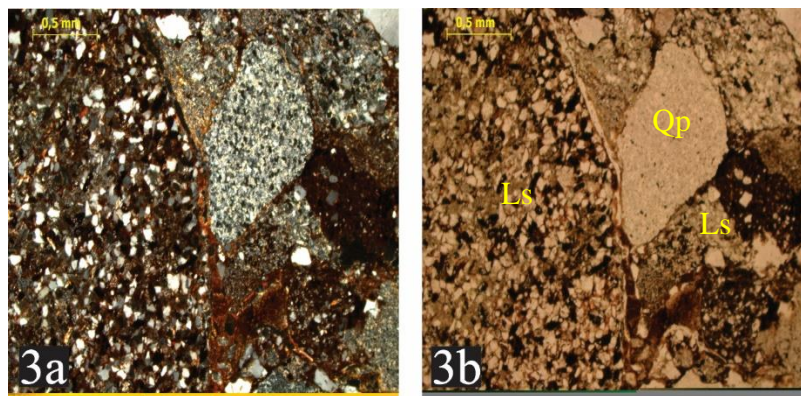


4. En el centro de la imagen se aprecia un clasto lítico sedimentario (Ls), redondeado y con baja esfericidad. Granos de menor tamaño son angulares de cuarzo policristalino (Qp), como el que se observa en la parte superior derecha. Colores de interferencia de tercer orden en el cemento son característicos de la calcita (Cal). 4a. LPA; 4b. LPNA.

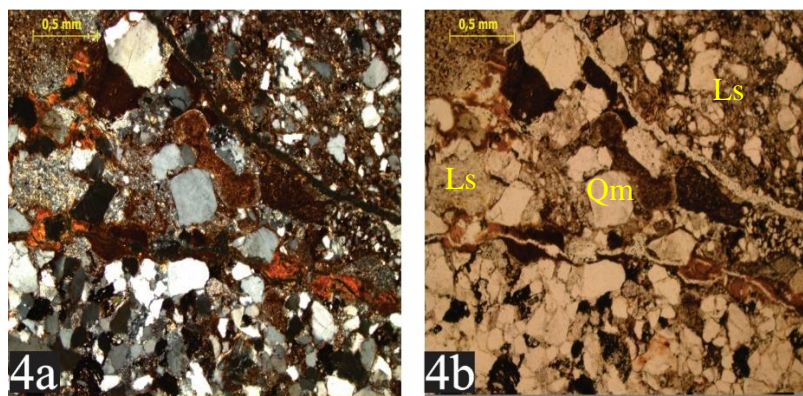
Figura 49. Petrografía de la muestra SEC-3839.



1. Litología clasto-soportada, con armazón tamaño guijo y guijarro. Matriz es de arena fina a media. Granos subredondeados a redondeados, mal seleccionados; matriz arenolodosa; 2. En la parte superior izquierda se tiene un clasto subredondeado de cuarzo policristalino (Qp). En los vértices inferiores los clastos son líticos sedimentarios (Ls). En el centro se aprecia la matriz arenosa con una fracción lodo en menor proporción. También se aprecian granos opacos y cemento ferruginoso en pequeña proporción.

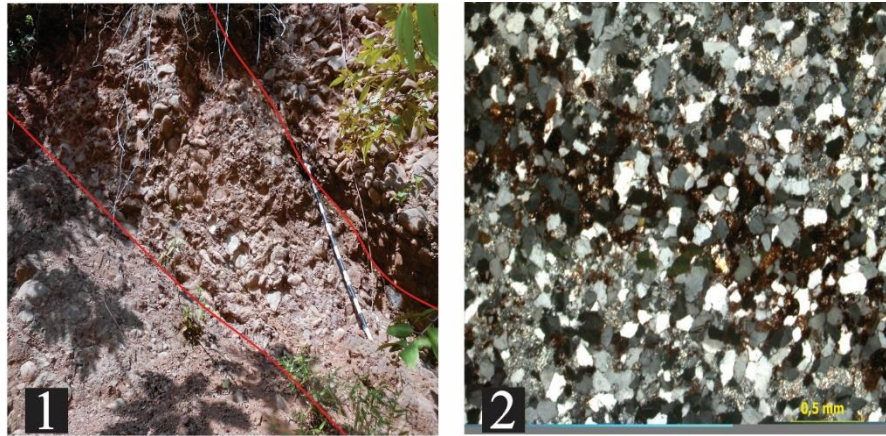


3. En el costado izquierdo se tiene un clasto lítico cuarzoso (Ls). Hacia la parte derecha se aprecia un clasto de menor tamaño de cuarzo policristalino (Qp). Entre ellos, se aprecia cemento ferruginoso. Matriz de lodo y arena fina a media. 3a. LPA; 3b. LPNA.

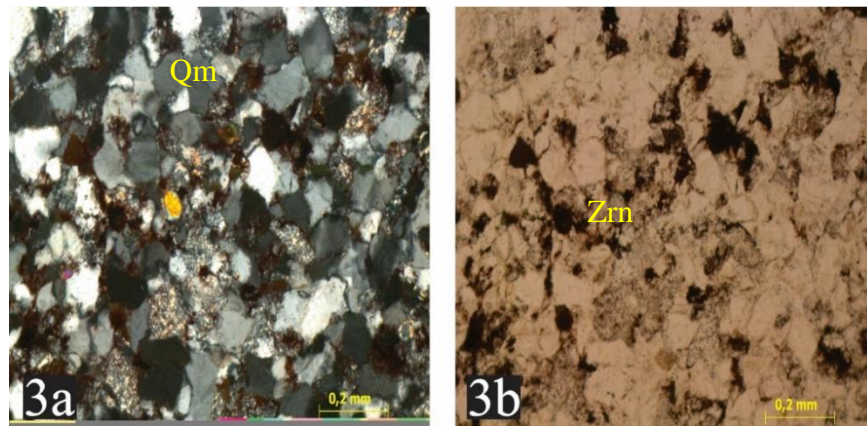


4. En la parte central se aprecian clastos de cuarzo monocristalino (Qm) subredondeados y subangulares. Cemento ferruginoso y en el clasto de la parte superior derecha es silíceo sintaxial. 4a. LPA; 4b. LPNA.

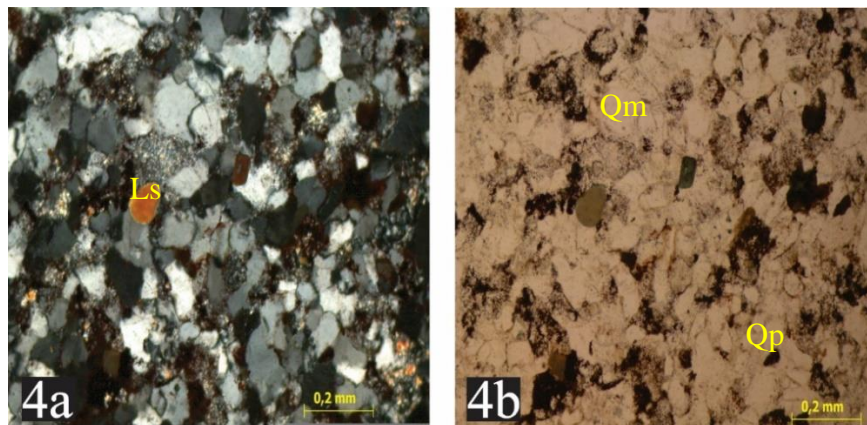
Figura 50. Petrografía de la muestra SEC2-61.



1. Capa de conglomerado de guijarros con clastos textural y composicionalmente homogéneos; 2. Clasto en sección delgada. Granos de cuarzo subangulares, bien seleccionados, con matriz arcillosa y cemento ferruginoso.



3. Textura de la roca tamaño arena muy fina a fina. Clastos subangulares de cuarzo monocristalino y matriz arcillosa. Granos con altos colores de intererencia son circones detríticos (Zrn). 3a. LPA; 3b. LPNA.



4. Hacia la parte central se aprecia un lítico (Ls) redondeado tamaño arena fina y otro más angular y de menor tamaño. Matriz silíceza tamaño arcilla; clastos de cuarzo monocristalino (Qm) son subredondeados en algunos sectores, mientras que los de cuarzo policristalino (Qp) son angulares. 4a. LPA; 4b. LPNA.

Figura 51. Petrografía de la muestra SEC2-70

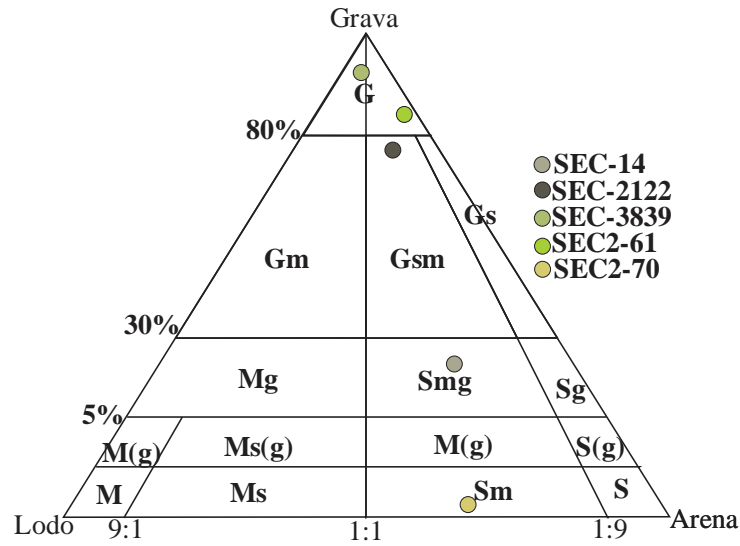


Figura 52. Clasificación textural de las muestras de la sección El Cerro. Tomado de Folk (1974).

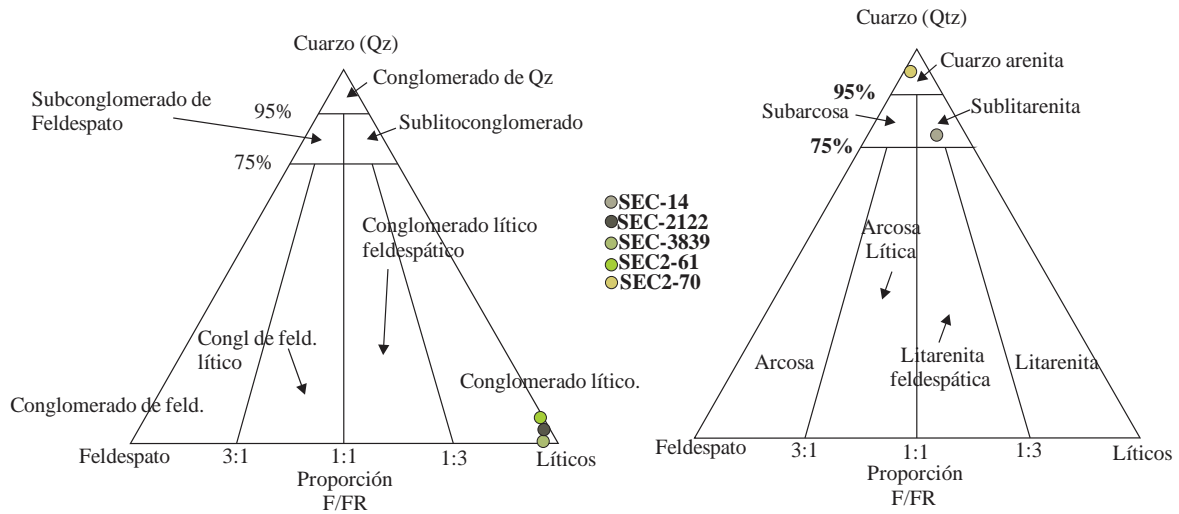


Figura 53. Clasificación composicional de las muestras de la sección El Cerro. Tomado de Cruz et al (2007).

7.2 Evidencias de Deformación

Tanto en la sección Peña Morada como en la sección El Cerro se encuentran evidencias de deformación. En la primera, se identificaron un par de fallas que cortan el afloramiento, dividiéndolo en 3 bloques, imposibilitando su correlación estratigráfica. Del mismo modo, se aprecian clastos deformados y fracturados.



Figura 54. Clastos deformados en la sección Peña Morada.



Figura 55. Clastos fracturados presentes en la Columna Caño Seco.



Figura 56. Falla local de cinemática normal en la sección Peña Morada. Az 290°.

La sección El Cerro se encuentra afectada por una falla, la cual se ha denominado como Falla Chafarota, recibiendo el mismo nombre de la quebrada que se encuentra sobre su trazo. Esta falla se ha cartografiado desde las coordenadas 1'092.000E; 1'296.000 N y se prolonga hacia el norte, donde termina cortándose con una falla de cinemática de rumbo sinestral.

A escala de afloramiento se observan clastos con deformación, fracturados y evidenciando movimiento. También las capas tienden a verticalizarse, alcanzando ángulos de hasta 85°. Hacia el norte de la Falla Chafarota se encuentra una brecha de falla, mostrada en la Figura 59. Esta brecha es muy variada, con clastos angulares de diversos tamaños. Presenta fragmentos de conglomerados del Miembro Tambor, areniscas blancuzcas y partículas cristalinas color verdoso. Asimismo, se encuentra fracturada y presenta vetillas de cuarzo cortando tanto las partículas gruesas como finas.



Figura 57. Clastos fracturados mostrando movimiento. sección El Cerro.



Figura 58. Clastos fracturados y pulidos.

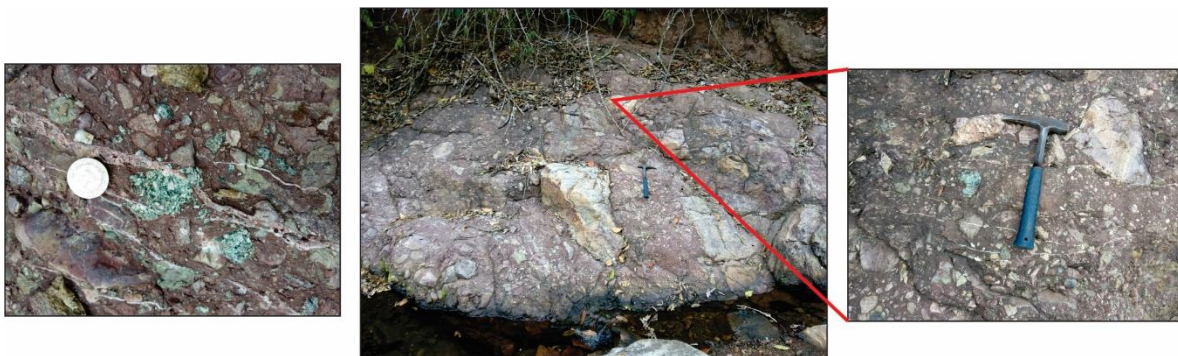


Figura 59. Brecha asociada a la Falla Chafarota.

8. Facies

Se emplea la clasificación de facies propuesta por Miall (1996), donde las sucesiones de gravas se denotan como facies G y las arenosas y limosas S y F, respectivamente. Las letras minúsculas que acompañan las mayúsculas indican las características de cada facies. A continuación, se presenta una descripción de cada una de las litofacies encontradas en las Secciones Peña Morada y El Cerro.

8.1. Litofacies

- **Facies Gmm.** Conglomerado matriz-soportado masivo, de color rojo oscuro, textura gránulos predominantemente, con menor cantidad de guijarros, forma de las partículas redondeada y esfericidad media. Los clastos no presentan orientación alguna, tienen textura arena fina y están compuestos principalmente por cuarzo. Su tamaño varía entre 3 y 7 cm, ocasionalmente alcanzando hasta los 10cm. La matriz es de color similar a los clastos, arenolodosa. Las capas de esta facies Se encuentran en segmento 1 de la columna Peña Morada 2 y alcanzan espesores de 75cm.
- **Facies Gmg.** Conglomerado matriz-soportado con gradación inversa, de color rojo oscuro, clastos subredondeados y mala selección. El tamaño de grano varía de arena gruesa en la base a guijos en el tope de la capa, variando el tamaño de grano entre 10 y 25 mm. Esta facies aflora en el segmento 8 de la columna Peña Morada 1 con un espesor de 50cm.

- **Facies Gci.** Conglomerado clasto-soportado con gradación inversa, color verde grisáceo, mal seleccionado, con clastos subredondeados tamaño guijos y guijarros. Estos son de textura tamaño arena media. La matriz es ligeramente rojiza tamaño arena muy fina, en baja cantidad. Esta facies presenta cemento calcáreo y vetillas rellenas de calcita. Los clastos son líticos sedimentarios y de cuarzo cristalino, ligeramente orientados. Las capas que representan esta facies tienen un espesor de hasta 1.5 m. Esta facies aflora en el segmento 7 de la Columna El Cerro.
- **Facies Gcm.** Conglomerado clasto-soportado masivo. Está conformada por capas tabulares en contacto ondulado, con partículas mal seleccionadas de forma subangular y subredondeada y esfericidad baja. El tamaño de los clastos es predominantemente guijarros, con tamaños que varían desde los 3 mm hasta los 60 mm, sin embargo, en algunas capas se presentan clastos de más de 16 cm. El color varía entre rojo oscuro y rojo pálido. La matriz es bimodal, de tamaño arena media a arena muy gruesa, rojiza. La mayoría de los clastos son líticos sedimentarios cuarzosos, también se encuentran líticos metamórficos en bajo porcentaje. El espesor de las capas varía a lo largo de su estratificación, y puede observarse desde 50 hasta 130 cm. Esta facies se encuentra en las 3 columnas estratigráficas elaboradas.
- **Facies Gcmc.** Conglomerado clasto-soportado masivo, el cual se caracteriza por su color gris verdoso, bajo contenido de matriz y alto contenido de cemento calcáreo. El tamaño de los clastos es predominantemente guijarro, variando entre 2 y 5 cm. Los clastos más finos son de

gránulos y arena muy gruesa, los cuales están embebidos totalmente en el cemento, de modo que no están en contacto entre sí. Esta facies se encuentra únicamente en la base de la sección el Cerro (Segmentos 5 a 8).

- **Facies Gh.** Los conglomerados en esta facies son clasto-soportados y muestran una imbricación de los clastos. Su color es rojo claro y rojo moderado, Los clastos son de textura gránulos, guijos y guijarros, entre 2.5 y 8 cm. Presentan forma subangular, baja esfericidad y mala selección. Composicionalmente, las partículas de esta facies son líticos sedimentarios compuestos principalmente por cuarzo. La matriz es arenosa y gravosa donde los clastos alcanzan la textura guijarro. Esta facies se encuentra en el segmento 6 de la columna Peña Morada 1, en el segmento 3 de la columna Peña Morada 2 y en el segmento 14 de la columna El Cerro.

- **Facies Gp.** Conglomerado clasto-soportado con gradación normal, de color rojo pálido. En algunos sectores presenta laminación inclinada. La forma de los clastos que constituyen el armazón es subangular a subredondeada. La selección es mala y la matriz de la roca presenta una textura arena gruesa. Esta facies alcanza espesores de 50 hasta 130 cm. Se encuentra en los segmentos 4, 7, 10, 11, 12 y 15 de la columna El Cerro, en los segmentos 3,5 y 7 de la columna Peña Morada 1 y en los segmentos 4,6,7 y 9 de la columna Peña Morada 2.

- **Facies Sh.** Está conformada por areniscas de grano fino a medio conglomeráticas y ligeramente conglomeráticas. Los clastos más gruesos se observan orientados en algunos sectores. Esta facies se caracteriza por tener laminación planoparalela. Las partículas que componen el armazón tienen forma subredondeada, son esféricas y la selección de las partículas es buena. Estas areniscas presentan bleaching de manera elongada en sentido paralelo a la laminación. Composicionalmente, tienen alto contenido de cuarzo y bajo de feldespato. El espesor de las capas no excede los 35 cm y su contacto con las demás capas es ondulado. En el segmento 1 de la columna El Cerro esta facies presenta estratificación gradada normal y en el segmento 16 de esta misma columna se tienen estas areniscas más cementadas y cuarzosas. Del mismo modo, se encuentra presente en el segmento 2 de la columna Peña Morada 1 y el segmento 10 de la columna Peña morada 2.
- **Facies Sm.** Capas tabulares de arenisca de grano fino a medio sin laminación interna, color rojo oscuro y rojo grisáceo. La forma de los granos es subredondeada, presentan esfericidad y la selección de la roca es media a buena. Su matriz es lodosa y presenta un color rojizo más intenso, con contenido de muscovita. Las capas de esta facies presentan espesores entre 30 y 65 cm. En el segmento 2 de la columna El Cerro esta facies tiene color gris verdoso, con presencia de granos de cuarzo rosado cristalino. También está presente en los segmentos 4, 9 y 11 de la columna Peña Morada 1 y en los segmentos 2 y 8 de la columna Peña morada 2.
- **Facies Fl.** Lodolita físil color rojo pálido y gris verdoso, con presencia de moscovita. Esta facies se encuentra en el segmento 16 de la columna El Cerro.

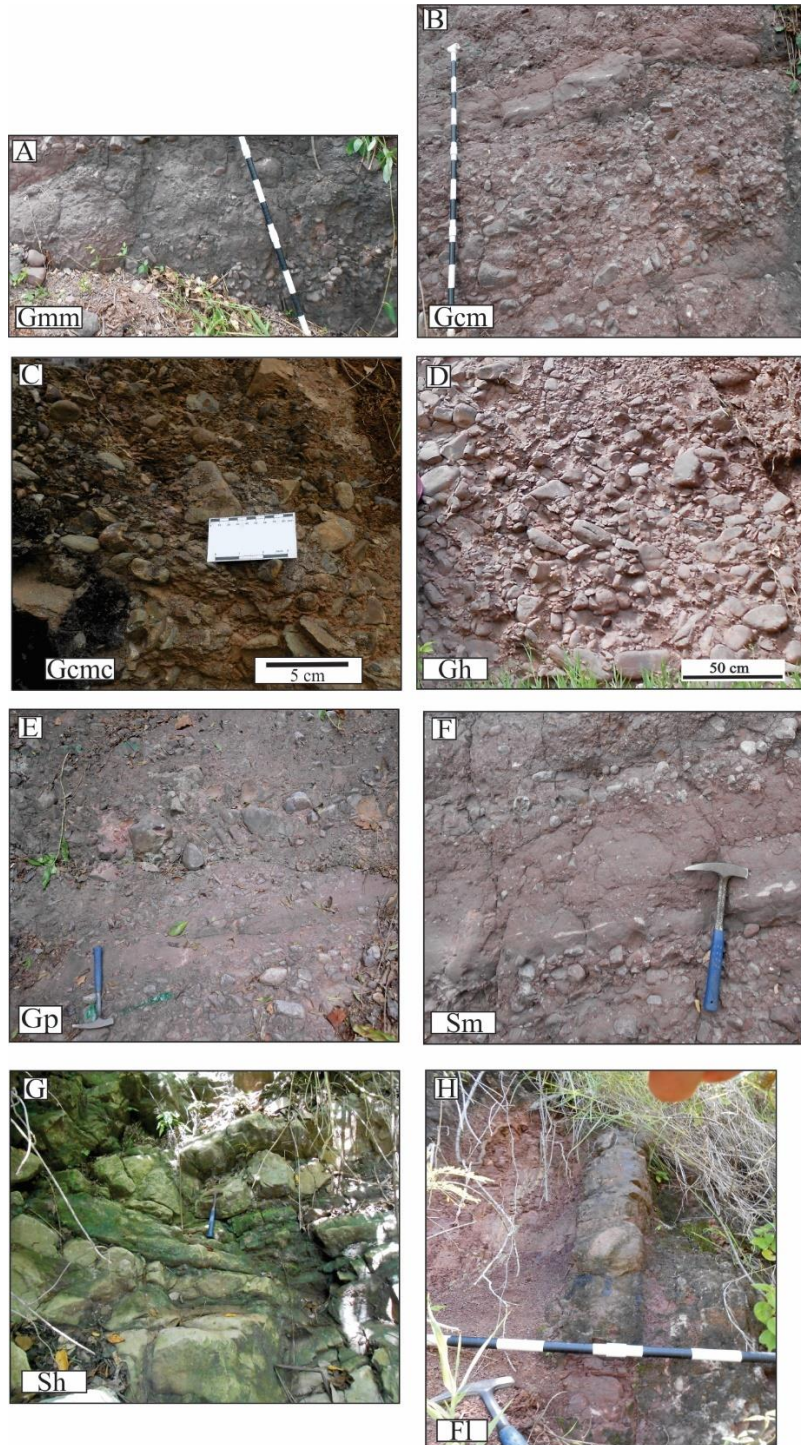


Figura 60. Facies descritas en este trabajo. **A.** Facies Gmm (Conglomerado matriz-soportado masivo); **B.** Facies Gcm (conglomerado clasto-soportado masivo); **C.** Facies Gcmc (conglomerado clasto-soportado masivo con cemento calcáreo); **D.** Facies Gh (conglomerado clasto-soportado con imbricaciones); **E.** Facies Gp (conglomerado con gradación normal); **F.** Facies Sm (areniscas masivas sin laminación); **G.** Facies Sh (areniscas con laminación planoparalela); **H.** Facies Fl (lodolitas fósiles).

8.2. Asociación Facial

Las facies identificadas fueron agrupadas en diferentes asociaciones, las cuales se describen a continuación. Su posición estratigráfica se encuentra en las columnas mostradas en resultados.

Tabla 5.

Asociaciones Faciales identificadas en este trabajo.

ASOCIACIÓN FACIAL	FACIES									
	Gmm	Gmg	Gci	Gcm	Gcmc	Gh	Gp	Sh	Sm	Fl
1										
2										
3										
4										
5										
6										

- Arenisca conglomerática
- Conglomerado
- Arenisca
- Lodolita

- **Asociación 1.** Consiste en la asociación de la facies Gmm (Conglomerado matriz-soportado masivo), con la facies Gcm (Conglomerados clasto-soportados masivos). Se forma una alternancia, que alcanza espesores de hasta 3 m, Siendo La facies Gcm de mayor espesor. La facies Gmm son interpretadas como formadas por flujos de detritos. El material se transporta por un flujo viscoso que deposita tanto las partículas finas que componen la matriz como las de diversos tamaños que conforman el armazón, resultando así depósitos mal seleccionados. Del mismo modo, la Facies Gcm también podría formarse debido a un flujo de detritos, con ausencia de sedimentos finos en el área fuente.

- **Asociación 2.** Se caracteriza por la alternancia entre las facies Gcm y Sh (Areniscas de grano fino a medio con laminación planoparalela). Las facies Sh representan los espesores más pequeños, entre 20 y 40 cm, del mismo modo, tienden a acuñarse y a tener geometría lenticular. Esta facies se encuentra en contacto ondulado con la facies Gcm, la cual en algunos sectores también tiende a acuñarse. Los espesores de esta asociación pueden alcanzar los 5 m. Estas características descritas indican la alta energía una alta energía en el flujo acuoso responsable de su formación (Nilsen, 1982). Estas facies pudieron haberse depositado en el fondo de un canal localizado en el cuerpo de un abanico aluvial.
- **Asociación 3.** Se caracteriza por la intercalación entre las facies Gcm y Gcmc (conglomerados masivos clasto-soportados) con las facies Sm (areniscas ligeramente conglomeráticas, sin laminación). Esta facies se forma en espesores de 3 a 6 m. Las facies Gcm y Gcmc se forman por depósitos de coladas de detritos, mientras que la facies Sh se podría asociar a un retrabajamiento del material por medio de corrientes acuosas. Las facies de esta asociación conforman sucesiones granocrecientes, predominantemente.
- **Asociación 4.** Constituido por la alternancia entre la facies Gcm (Conglomerado clasto-soportado masivo) con las facies Gp (conglomerado con gradación normal). En algunos sectores las facies Gci (Conglomerado clasto-soportado con gradación inversa) y Gmg (Conglomerado matriz-soportado con gradación inversa) a veces también están presentes. La facies Gp tiene tamaños que gradan desde guijos hasta arena gruesa, mientras que la Gci gradan de guijos a guijarros. Las facies de esta asociación conforman sucesiones granodecrescentes, predominantemente, entre 3 y 5 m de espesor. Esta facies pudo haber sido depositada producto de un flujo de detritos rico en clastos.

- **Asociación 5.** Comprende las facies Gcm (Conglomerado clasto-soportado masivo), Gh (Conglomerado clasto-soportado con imbricaciones). Esta asociación se observa en el Segmento 3, 7 y 14 de las Columnas Caño Seco, Peña Morada y El Cerro, respectivamente. En esta En esta última, la facies Gh texturalmente está constituida por clastos rojo-grisáceos tamaño guijarro y bloques de hasta 40 cm. Estas partículas presentan tamaño de grano arena fina. La matriz de esta facies es arenosa, alcanzando tamaño arena media. Las capas de esta asociación alcanzan espesores de hasta 1.6 m. Las facies de esta asociación conforman sucesiones granocrecientes y granodecipientes. La orientación de los clastos indica un ambiente de alta energía, probablemente asociado a depósitos de canal.
- **Asociación 6.** Consiste en una interestratificación entre las facies Sh (Areniscas de grano fino a medio con laminación planoparalela), Sm (areniscas masivas ligeramente conglomeráticas, sin laminación) y Fl (Lodolita físil). Esta última facies se observa únicamente en algunos sectores en la Columna El Cerro. Esta asociación ocurre en capas de forma tabular en contacto neto, con espesores de 35 a 70 cm. La facies Fl se observa con presencia de moscovita. Las facies muestran una disminución en la energía del medio. Esta asociación facial corresponde a las Formaciones Rio Lebrija y Los Santos, presentes en las columnas El Cerro y Peña Morada 2.

9. Discusión

9.1. Nomenclatura estratigráfica, sección tipo y sección de referencia

La unidad litoestratigráfica estudiada en este trabajo es equivalente a la Formación Tambor descrita por Hedberg (1931), Conglomerado Superior de Navas (1963) y al Conglomerado Rojo de Cediel (1968). Pese a que el único lugar donde se conocía esta unidad era en su localidad tipo, Angosturas del Río Lebrija, algunos autores extendieron erróneamente este cuerpo a otros lugares de la cuenca, asignándole características estratigráficas, sedimentológicas y geocronológicas que discrepan de la descripción original. Etayo (1989) propone un cambio de categoría litoestratigráfica, donde la Formación Tambor pasa a ser parte de la Formación Río Lebrija, recibiendo el nombre de Miembro Tambor, con la misma localidad tipo planteada por Hedberg (1931).

Para este proyecto se acoge la propuesta de nomenclatura estratigráfica de Etayo-Serna (1989) y se propone que el término Miembro Tambor se aplique para referirse a la parte superior de la Formación Río Lebrija, constituida en su gran mayoría por conglomerados.

Asimismo, teniendo en cuenta la Guía Estratigráfica Internacional (Salvador, 1994), se propone la sección El Cerro como una sección tipo de Referencia o Hipostratotipo, con el objetivo de extender los límites del Miembro Tambor y con la intención de ampliar el conocimiento de la unidad, principalmente teniendo en cuenta que allí está su contacto con la parte inferior de la Formación Río Lebrija, aflorando conglomerados con características sedimentológicas (facies Gcmc) diferentes a aquellos presentes en el estratotipo.

9.2. Paleoambiente y Diagénesis del Miembro Tambor

Las asociaciones faciales permiten identificar que los sedimentos del Miembro Tambor fueron depositados en un ambiente continental, relacionado con sistemas de abanicos aluviales, los cuales se generan al pie de un relieve montañoso que actúa como área fuente del material clástico, con granulometría gruesa y muy gruesa (Blissenbach, 1954 en Arche, 2010)

Las Asociaciones Faciales 1, 3,4 se interpretan como depósitos formados por flujo de detritos. Para que estos se generen es necesaria un área fuente con material suficiente para conformar un flujo, también se necesitan zonas donde puedan depositarse los materiales y se precisa de un mecanismo que sea capaz de iniciar el movimiento, como por ejemplo lluvias prolongadas o muy violentas que incidan sobre la zona de acumulación de materiales (Beaty, 1970; Bull, 1972, 1977; Hampton, 1975, 1979; Wasson, 1977; en Arche, 2010)

Las características de la Asociación Facial 3, la alta concentración de partículas gruesas condiciona un comportamiento de tipo masivo, no obstante, esta asociación muestra que el transporte no se realizó en un solo episodio, sino que la existencia de capas de areniscas conglomeráticas puede indicar una interrupción de las coladas, de modo que pudo existir un retrabajamiento por parte de corrientes tractivas.

En la Asociación Facial 4 las partículas se depositan en masa, debido a un incremento de la fricción entre ellas. Dentro de estas facies se presenta acumulación de clastos, lo cual podría indicar un transporte muy energético, tractivo, hidráulico, turbulento y con alta densidad. Cabe resaltar que estos tipos de depósitos muestran gradaciones, lo cual sucede cuando las condiciones de turbulencia son muy intensas.

En algunos casos, cuando las condiciones de turbulencia son muy intensas y existe una carga tractiva importante, puede producirse una separación de fases en la que los materiales más gruesos se depositen con una gradación granulométrica normal (Arche, 2010).

Para la asociación facial 5, las imbricaciones presentes en la facies Gh permite inferir que estos materiales de se depositaron en un ambiente de alta energía, producto de una variación entre flujos masivos y flujos tractivos.

Los materiales que conforman la asociación Facial 2 han sido transportados mediante formas de fondo que proporcionan una morfología de un canal. Las capas lenticulares de gravas y areniscas observadas en estas facies se pueden asociar a corrientes tipo braided. Estas pudieron generar el redondeamiento y la mejor selección que presentan las litologías. Estas facies son características del cuerpo externo de un abanico aluvial

Teniendo en cuenta lo anterior, se puede inferir que los materiales se depositaron rápidamente, en un ambiente turbulento y de alta energía, de tal manera que los sedimentos, en su mayoría, presentan formas subangulosas y subredondeadas. Sin embargo, estos flujos se presentan alternados por algunos episodios acuosos, rápidos y de corta duración.

La interpretación ambiental llevada a cabo concuerda con aquella elaborada por Clavijo (1985) en la Quebrada Piedra Azul, donde plantea que los sedimentos del Miembro Tambor se depositaron como un flujo de lodo, formados por corrientes torrenciales que arrastraron partículas gruesas, depositándolos en áreas deprimidas, asociadas a los procesos de formación de abanicos aluviales. No obstante, en este trabajo no sólo se han apreciado estructuras que evidencian flujos gravitacionales, sino también depósitos generados por corrientes acuosas. Las facies caracterizadas son similares a aquellas presentes en los modelos de abanicos aluviales en Arche (2010) y del

mismo modo, las asociaciones faciales identificadas son semejantes a las facies características de Cuerpo de un abanico aluvial (Cabrera, Colombo y Robles, 1985 en Arche, 2010; Nemeč, 1993)

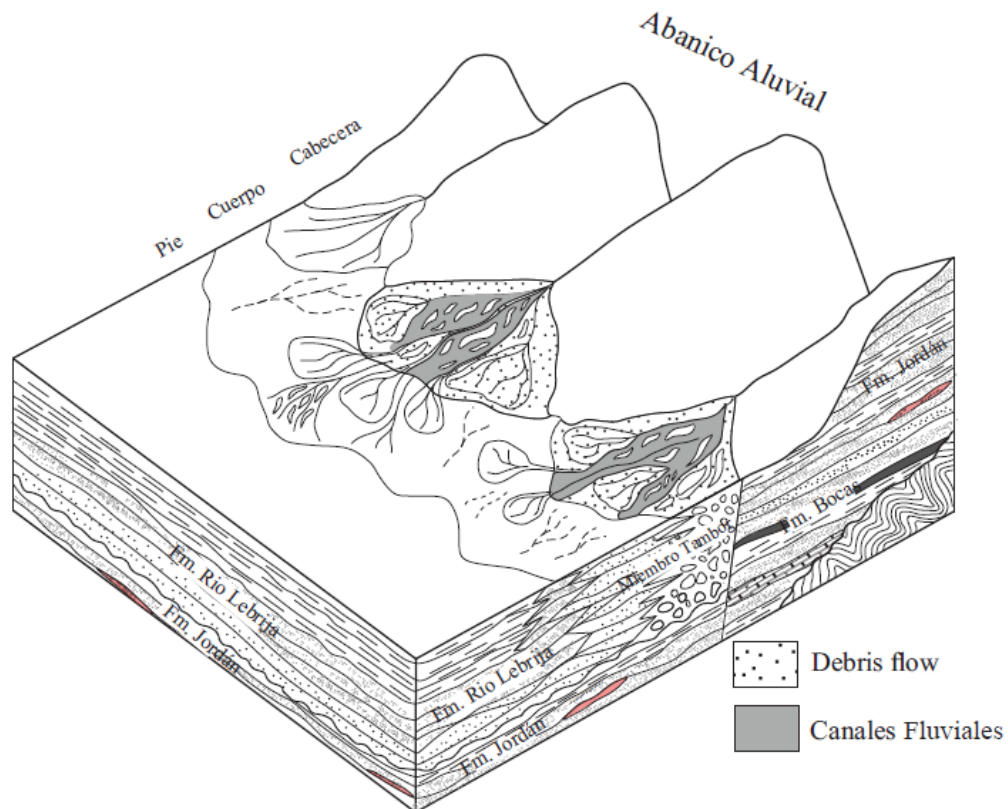


Figura 61. Bloque diagrama esquemático del ambiente de depósito del Miembro Tambor.

9.3. Procedencia del Miembro Tambor

Con base en los datos obtenidos por medio del análisis sedimentológico, petrográfico y conteo de clastos, la sedimentación del Miembro Tambor consiste en depósitos con una alta influencia de detritos derivados de rocas sedimentarias de grano fino a medio, con colores rojo claro y rojo grisáceo, las cuales están compuestas principalmente por cuarzo (>60%), líticos (35%) bajos contenidos de feldespato (< %5).

El estudio petrográfico de las areniscas del Miembro Tambor indica que su composición es principalmente de cuarzo y fragmentos líticos. En el diagrama triangular de Dickinson (1985) basado en los parámetros QFL, estas areniscas se proyectan en los campos de orógeno reciclado. Esta clasificación puede ser reflejo de la actividad sinsedimentaria producto de la erosión de un bloque levantado dentro de lo que se considera como una cuenca *syn-rift*, influenciada por efectos tectónicos.

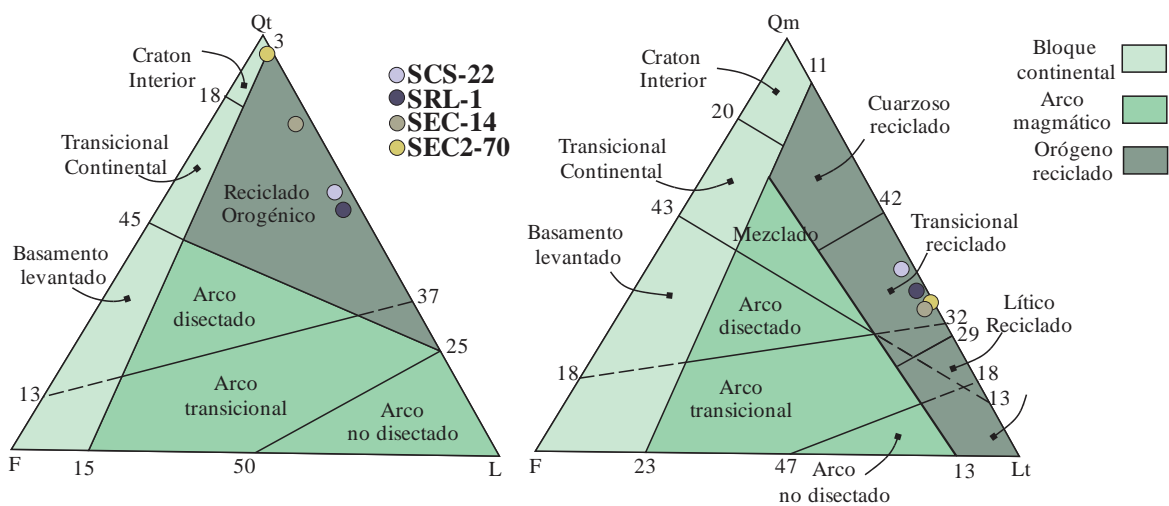


Figura 62. Muestras de areniscas ilustradas en el diagrama que con los diferentes tipos de procedencia. Adaptado de Dickinson (1985)

Asimismo, en la sección El Cerro la variación en la composición de los clastos entre aquellas facies de la base y las del resto de la sección, podría estar reflejando la erosión y el levantamiento de la zona del área fuente. El retrabajamiento progresivo de los materiales podría indicar tanto los episodios como la intensidad de la deformación tectónica en el área fuente, y la organización de las zonas de acumulación.

Las características texturales, como el grado menor de redondeamiento de los clastos y la mala selección presente en la mayoría de estas litologías gruesas, sugiere que la fuente de aporte del material no se encontraba lejos del lugar donde este fue depositado. En el conteo de clastos, los fragmentos son predominantemente líticos de origen sedimentario; la presencia de estos clastos al ser de un origen concreto podría indicar episodios repetitivos de reciclado de los materiales conglomeráticos depositados previamente (Graham et al., 1986; Colombo, 1994 en Arche, 2010).

Teniendo en cuenta las características de los sedimentos analizados, es probable que la fuente de los materiales esté asociada a la Formación Jordán, ya que la textura y composición de los clastos son semejantes a las que se observan en esta Formación. Esto concuerda en parte con la interpretación de Cediel (1968), donde menciona que los cantos fluviales del Miembro Tambor son provenientes de los *red beds* de la Formación Jordán. Sin embargo, no se puede asegurar que únicamente provengan de esta unidad litoestratigráfica, puesto que no se puede descartar la idea de un posible aporte proveniente de la Formación Rio Lebrija, pues también se presentan similitudes composicionales y texturales entre las litologías de esta unidad y algunos de los clastos del Miembro Tambor.

10. Conclusiones

A partir de la cartografía elaborada a escala 1:12500 y el análisis estratigráfico, se concluye que el Miembro Tambor presenta un espesor variable, desde más de 100 m en la sección Peña Morada, en las angosturas del Rio Lebrija, hasta ~465 m en la sección El Cerro, en el carretable que comunica la vereda La Popa con la hacienda El Tambor, en el municipio de Rionegro, Santander.

En la sección Peña Morada el tipo de contacto entre el Miembro Tambor y la unidad infrayacente, la Formación Río Lebrija, se encuentra cubierto, mientras que el contacto con la unidad suprayacente, la Formación Los Santos, es neto.

En la Sección El Cerro, el tipo de contacto entre el Miembro Tambor y la unidad infrayacente, la Formación Río Lebrija, es de tipo transicional concordante, mientras que el contacto con la unidad suprayacente, la Formación Los Santos, se encuentra cubierto.

El análisis de facies permite identificar que el ambiente de depósito de los sedimentos del Miembro Tambor fue uno de tipo fluvial, asociado a un sistema de abanico aluvial. A partir de las asociaciones faciales, sus características texturales y estructuras sedimentarias, se puede inferir que los sedimentos de la formación Tambor se depositaron producto de episodios de alta energía, asociados a flujos de detritos o *debris flows*. Teniendo en cuenta la laminación planoparalela, el acuñaamiento y la estructura lenticular presentes en algunas de las capas, se puede pensar que entre los episodios de flujos de detritos se generaron depósitos producto de corrientes acuosas, asociados a canales de alta energía.

Desde el punto de vista de deformación, el área de estudio está afectada por la Falla Solferino, la cual presenta cinemática inversa hacia el norte, y de rumbo sinistral hacia el sur (Ward et al., 1973). Del mismo modo, esta falla está siendo cortada por una falla de cinemática de rumbo sinistral. Afectando el Miembro Tambor, se infiere una falla, denominada en este trabajo como Falla Chafarota. Esta falla ha sido cartografiada por medio de fotogeología, y pese a que no se han encontrado indicadores cinemáticos, a escala de afloramiento si se hallaron evidencias de deformación, como fracturamiento de clastos, donde algunos de estos presentan desplazamiento. Hacia la parte más septentrional del trazo de esta zona de falla, se ha encontrado una brecha con

alto grado de cohesión, matriz gruesa color rojo oscuro y bloques de diferente composición, probablemente provenientes de la Formación Rio Lebrija.

Mediante el análisis petrográfico y conteo de clastos realizado, se infiere que los sedimentos que constituyen el Miembro Tambor provienen de unidades sedimentarias arenosas. Con base en las características de madurez textural de los clastos, se puede pensar que la fuente no se encontraba lejos del lugar de depósito. Teniendo en cuenta la semejanza de las características texturales y composicionales entre los clastos que conforman el Miembro Tambor con las litologías que se observan en la Formación Jordán, Se concluye que esta unidad podría ser la fuente de los materiales. No obstante, no puede descartarse la idea de un posible aporte proveniente de la Formación Rio Lebrija, pues también se presentan similitudes entre las litologías de esta unidad y algunos de los clastos del Miembro Tambor.

11. Recomendaciones

Se recomienda llevar a cabo estudios de geología estructural a diversas escalas, con la finalidad de desarrollar un modelo de evolución paleotectónica del área de estudio.

También se recomienda realizar un análisis de paleo corrientes a partir de la medición de las imbricaciones presentes.

Por último, se recomienda desarrollar un análisis de procedencia más detallado, a partir de los datos colectados por medio la utilización de otras técnicas, como Microscopía Electrónica de Barrido (MEB), análisis de minerales densos y catodoluminiscencia.

Referencias Bibliográficas

- Arche, A. (2010). Sedimentología: del proceso físico a la cuenca sedimentaria (Vol. 46). Editorial CSIC-CSIC Press.
- Basu, A. (1976). Petrology of Holocene Fluvial Sand Derived from Plutonic Source Rocks: Implications to Paleoclimatic Interpretation. Dep. Of Geology. Indiana University.
- Blatt, H., (1967). Provenance Determinations and Recycling of Sediments. Dep. Of Geology. University of Houston.
- Boggs, S. Jr. (2006). Principles of Sedimentology and Stratigraphy, Fourth Edition, Pearson, Prentice Hall, New Jersey.
- Brückner, W. (1954). Note on some fossils from the Giron Group in the Rio Lebrija Valley, Department of Santander, Colombia: Jour.
- Bürgl, H. (1964). El “Jura-Triásico” de Colombia. Bol. Geol, 12(1-3), 5-31.
- Campbell, C. (1967). Lamina, laminaset, bed, and bedset. Sedimentology, 8, 7– 26.
- Cediel, F. (1968). El Grupo Girón, una molasa mesozoica de la Cordillera Oriental. Boletín Servicio Geológico Nacional, 16(1–3), 5-96.
- Cediel, F. (2001). El Grupo Girón una Molasa (?) Mesozoica (?) de la Cordillera Oriental (?) de Colombia (?).
- Compton, R. (1985). Geology in the Field. Wiley Press, New York, pp. 229 – 234.
- Clavijo, J. (1985). La Secuencia facial de la Formación Los Santos por la Quebrada Piedra Azul: registro de una hoya fluvial evanescente. Proyecto Cretácico. Ministerio de Minas y Energía, INGEOMINAS.

- Clavijo, J. y Camacho J. (1993). Cuarto Simposio de Geología Regional, Contribución al conocimiento de la geología de los Santanderes. Ingeominas, Documento interno. Bucaramanga.
- Color, M. (2009). Geological Rock Color Chart. Munsell Color, Grand Rapids, MI.
- Cooper, M., Addison, F., Alvarez, R., Hayward, A., Howe, S., Pulham, A., Taborda, A. (1995). Basin Development and Tectonic History of the Llanos Basin, Eastern Cordillera and Middle Magdalena Valley, Colombia. AAPG Bulletin. 79(10): 1421-1443.
- Cruz, L., Caballero, V. (2007). Guía de laboratorio de sedimentología para geólogos. Escuela de Geología. Universidad Industrial de Santander.
- Dickey, P. (1941). Pre-Cretaceous sediments in Cordillera Oriental of Colombia. AAPG Bulletin, 25(9), 1789-1795.
- Dickinson, W. R. (1985). Interpreting provenance relations from detrital modes of sandstones. In Provenance of arenites (pp. 333-361). Springer, Dordrecht.
- Etayo-Serna, F. (1989). Análisis facial del inicio del avance marino del Cratácico en la región SW del Macizo de Santander. V Congreso Colombiano de Geología. Excursión Precongreso No 2.
- Folk, R. (1974). Petrology of sedimentary rocks. Hemphill Publishing Company.
- Harms, H., Sothard, J., Spearing, D., Walker, R. (1975). Depositional Environments as Interpreted from Primary Sedimentary Structures and Stratification Sequences. Dallas, Texas. Society of Economic Paleontologists and Mineralogists.
- Hedberg, H. (1931). Standard Stratigraphic Section of the Departamento of Santander, Colombia. (Based principally on the geologic section exposed on the río Lebrija and the río Sogamoso). Venezuela Gulf Oil Company.

- Hettner, A. (1892.) La Cordillera de Bogota, resultado de viajes y estudios Petermanns Mitt., Erg. Heft 104, 131S, Gotha.
- Howard, J. (1993). The Statistics of Counting Clast in Rudites: A Review, With Examples from the Upper Palaeogene of Southern California, USA. *Sedimentology*. Vol No 40. P 157-174. Department of Geology. Wayne State University.
- Ingersoll, R., Bullard, T., Ford, R., Grimm, J., Pickle, J. (1984). The Effect of Grain Size on Detrital Modes: A Test of the Gazzi-Dickinson Point-Counting Method. Department of Geology. University of New Mexico.
- Julivert, M. (1958). La Morfoestructura de la Zona de las Mesas al SW de Bucaramanga (Colombia SA). *Boletín de Geología*, (1), 7-43.
- Julivert, M., Barrero, D., Botero, G., Duque-Caro, H. (1968). Léxico estratigráfico internacional. Vol V, fasc. 4ª Colombia.
- Langenheim, R. (1959). Preliminary report on the stratigraphy of the Giron formation in Santander and Boyaca. *Boletín de Geología*.
- Langenheim, J. (1960). Late Paleozoic and early Mesozoic fossil plants from the Cordillera Oriental of Colombia and correlation of the Girón Formation. *Boln. geol. Bogotá*, 8(1-3), 95-132.
- Mantilla-Figueroa, L. C., García-Ramírez, C. A., & Valencia, V. A. (2016). Propuesta de escisión de la denominada 'Formación Silgará'(Macizo de Santander, Colombia), a partir de edades U-Pb en circones detríticos. *Boletín de Geología*, 38(1).
- Mejía, A., Rodríguez, D. (2011). Análisis estratigráfico y de Proveniencia en los Conglomerados del Grupo Chorro, Sinclinal de Nuevo Mundo, Cuenca Valle Medio del Magdalena. Tesis de pregrado. Universidad Industrial de Santander.

- Miall, A. (1978). Litofacies types and vertical pro-file models in braided river deposits: a summary. In: *Fluvial sedimentology* (A.D. Miall. Ed.), Can. Soc. Peirot. Geol. Mem 5. Pp. 597-604.
- Miall, A. (1996). *The Geology of Fluvial Deposits: Sedimentary Facies, Basin Analysis and Petroleum Geology*. Springer-Verlag Inc. Heidelberg. 582p.
- Miall, A. (2016). Facies models. In *Stratigraphy: A Modern Synthesis* (pp. 161-214). Springer, Cham.
- Mora, A., Parra, M., Strecker, M., Kammer, A., Dimaté, C., Rodríguez, F. (2006). Cenozoic contractional reactivation of Mesozoic extensional structures in the Eastern Cordillera of Colombia. *Tectonics*. 25(2).
- Morales, L. (1958). *General Geology and Oil Occurrences of Middle Magdalena Valley, Colombia: South America*.
- Navas, J. (1963). Estudio estratigráfico del Girón al W del Macizo de Santander (Cordillera oriental, Colombia). *Boletín de Geología*.
- Nemec, W., & Postma, G. (1993). Quaternary alluvial fans in southwestern Crete: sedimentation processes and geomorphic evolution. In *Alluvial sedimentation* (Vol. 17, pp. 235-276). Oxford: International Association of Sedimentologists.
- Nilsen, H. (1982). Alluvial fan deposits. In: Scholle, P.A., Spearing, D. (Eds.), *Sandstone Depositional Environments*. The American Association of Petroleum Geologists, Oklahoma.
- Oppenheim, V. (1940). Jurassic-Cretaceous (Giron) beds in Colombia and Venezuela. *AAPG bulletin*, 24(9), 1611-1619.
- Pettijohn, F. (1975). *Sedimentary Rocks 3rd Edition*. Harper & Row, New York.

- Pons, D. (1982). Études paléobotanique et palynologique de la Formation Girón (Jurassique Moyen - Crétacé Inférieur) dans la région de Lebrija, Département de Santander, Colombie. 107 Cong. nat. Soc. savants, sciences, fasc. 1:53-78.
- Salvador, A. (Ed.). (1994). International stratigraphic guide: a guide to stratigraphic classification, terminology, and procedure (No. 30). Geological Society of America.
- Sánchez, J., Centeno, E. (2016) Técnicas y aplicaciones del estudio de los sedimentos terrígenos de grano fino: procedencia y tectónica. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Stow, D., Dorrik, A. (2005). Sedimentary Rocks in The Field: a Color Guide. London. Manson Publishing Ltd, 320p.
- Vera, J. (1994). Estratigrafía: principios y métodos. Madrid: Rueda. Pp. 133-196
- Walker, R. James, N. (1992). Facies models: response to sea level change. St. John's, Nfld. Geological Association of Canada.
- Ward, D., Goldsmith, R., Jimeno, A., Cruz, J., Restrepo, H., Gómez, E. (1973). Geología del cuadrángulo H-12, Bucaramanga y H-13, Pamplona, Departamento de Santander y Norte de Santander. Ingeominas. Boletín Geológico, 21 (1-3).