

**ESTUDIO DE PROVENIENCIA DE LOS SEDIMENTOS DE LA FORMACIÓN  
BUCARAMANGA, AL SUR DEL RÍO FRÍO; EN LOS MUNICIPIOS DE  
FLORIDABLANCA Y GIRÓN, SANTANDER.**

**LEONARDO AUGUSTO SOLANO ÁVILA**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-QUÍMICAS  
ESCUELA DE GEOLOGÍA  
BUCARAMANGA  
2016**

**ESTUDIO DE PROVENIENCIA DE LOS SEDIMENTOS DE LA FORMACIÓN  
BUCARAMANGA, AL SUR DEL RÍO FRÍO; EN LOS MUNICIPIOS DE  
FLORIDABLANCA Y GIRÓN, SANTANDER.**

**TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE GEÓLOGO**

**AUTOR**

**LEONARDO AUGUSTO SOLANO ÁVILA**

**DIRECTOR**

**VICTOR MANUEL CABALLERO ORTÍZ**

**GEÓLOGO MSc**

**CO-DIRECTORA**

**JULIETA CAROLINA PINEDA**

**GEÓLOGA MSc**



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-QUÍMICAS  
ESCUELA DE GEOLOGÍA  
BUCARAMANGA**

**2016**

## DEDICATORIA

*A DIOS, primero que todo, por ser la razón y fuerza en mi vida, porque aun en la más dura adversidad, Él nunca nos abandona y siempre tiene un plan para todos.*

*A mi abuela “Doña Ligia”, porque aunque hoy ya no está conmigo, su recuerdo y consejos siempre los llevaré a donde vaya.*

*A mis Padres Julio y Marina, por su apoyo y perseverancia; y que gracias a ellos pude sacar adelante mi carrera profesional.*

*A mi novia Zulma, por su total apoyo, constancia y compañía.*

## **AGRADECIMIENTOS**

Al director: profesor Victor Caballero, por darle un norte y enfoque al proyecto, su apoyo constante, orientación y enseñanzas.

A la profesora Isabel Urrea, docente del colegio Eduardo Camacho Gamba de Curití; quien me inculcó el amor por el conocimiento y el estudio como medio para llegar a él.

A la profesora Julieta Pineda, codirectora del proyecto, por su apoyo importante en los análisis petrográficos.

A los profesores de la escuela de geología de la UIS: Victor Caballero, Jesús Mendoza, Jairo Clavijo, Francisco Velandia, Luis Carlos Mantilla y Eliecer, entre otros; quienes me transmitieron la pasión por la geología como ciencia.

A todas las personas que de muchas maneras contribuyeron al desarrollo de este proyecto; Luis E. Garrido, profesores, compañeros, familia; muchas gracias.

## CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
INTRODUCCIÓN .....	23
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	25
2. JUSTIFICACIÓN .....	26
3. OBJETIVOS .....	27
3.1 OBJETIVO GENERAL .....	27
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	27
4. MARCO DE REFERENCIA .....	28
4.1 DEPÓSITOS ALUVIALES .....	28
4.1.1 Llanuras de inundación. ....	28
4.1.2 Llanuras aluviales convexas. ....	28
4.1.3 Llanuras aluviales planas. ....	29
4.1.4 Abanicos aluviales.....	30
4.1.5 Playas. ....	33
4.1.6 Terrazas de río.....	33
4.1.7 Deltas lacustres.....	35
4.2 PROVENIENCIA DE SEDIMENTOS .....	35
5. LOCALIZACION .....	37
6. ANTECEDENTES .....	38
6.1 GEOLOGÍA REGIONAL.....	38
6.1.1 Bloque Occidental. ....	39
6.1.2 Bloque Central. ....	40
6.1.3 Bloque Oriental. ....	41
6.2 GEOLOGIA LOCAL .....	43
6.2.1 Estratigrafía local. ....	43
6.3 GEOMORFOLOGÍA.....	48
6.4 MARCO TECTÓNICO.....	49
7. METODOLOGÍA .....	51
7.1 Fase 1: Recopilación Bibliográfica. ....	51
7.2 Fase 2: Reconocimiento de la zona de campo. ....	51

7.3 Fase 3: Trabajo de campo. ....	51
7.4 Fase 4: Tratamiento de la información recolectada. ....	52
7.4.1 Digitalización de las columnas estratigráficas. ....	52
7.4.2 Distribución en el tiempo de la composición de clastos ....	52
7.5 Fase 5: Trabajo de laboratorio. ....	52
7.5.1 Petrografía de Gravas. ....	52
7.6 Fase 6: elaboración del informe final ....	53
8. RESULTADOS.....	54
8.1 LEVANTAMIENTO ESTRATIGRÁFICO.....	54
8.1.1 Columna 1.....	55
8.1.2 Columna 2.....	57
8.1.3 Columna 3.....	59
8.1.4 Columna 4.....	61
8.1.5 Columna 5.....	62
8.1.6 Columna 6.....	63
8.2 FORMACIÓN BUCARAMANGA .....	64
8.3 PETROGRAFÍA DE GRAVAS.....	66
8.4 CORRELACIÓN PETROGRÁFICA DE LOS CLASTOS RECOLECTADOS CON UNIDADES REPORTADAS POR WARD ET AL. (1973) Y ROYERO Y CLAVIJO (2001).....	123
8.5 DISTRIBUCIÓN EN EL TIEMPO DE LA COMPOSICIÓN DE CLASTOS.....	127
8.5.1 Columna 1.....	127
8.5.2 Columna 2.....	130
8.5.3 Columna 3.....	132
8.5.4 Columna 4.....	134
8.5.5 Columna 5.....	136
8.5.6 Columna 6.....	137
8.5.7 Columna generalizada. ....	139
9. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS .....	142
9.1 PROVENIENCIA DE LOS SEDIMENTOS DE LA FORMACIÓN BUCARAMANGA.....	142
9.1.1 Cuencas de drenaje de los principales ríos relacionados con el origen de la Fm. Bucaramanga. ....	142

9.1.2 Unidades litoestratigráficas presentes en las cuencas de drenaje de los principales ríos que podrían estar relacionados con el origen de la Fm. Bucaramanga.....	146
9.1.3 Principales bloques tectónicos del área de estudio, potenciales fuente del sedimento. De la Fm. Bucaramanga.....	156
9.2 APROXIMACIÓN A LA EVOLUCIÓN GEOLÓGICA DE LA FM. BUCARAMANGA.....	157
9.2.1 Eoceno tardío.....	158
9.2.2 Oligoceno a Mioceno.....	158
9.2.3 Plioceno a Pleistoceno.....	158
9.2.4 Pleistoceno al presente.....	161
10. CONCLUSIONES .....	162
11. RECOMENDACIONES .....	166
BIBLIOGRAFÍA.....	167

## LISTA DE FIGURAS

Pág.

<b>Figura 1.</b> Secciones a través de llanuras de inundación, a. Llanuras de inundación convexa, b. Llanuras de inundación plana. ....	29
<b>Figura 2.</b> Abanico aluvial en el Valle de La Muerte, California .....	30
<b>Figura 3.</b> Terrazas apareadas y no apareadas; a. Terrazas apareadas policíclicas, b. Terrazas no apareadas no cíclicas. ....	34
<b>Figura 4.</b> El área de estudio está ubicada al sur del Río Frío en el área Metropolitana de Bucaramanga. Los depósitos de cuaternario estudiados están clasificados como Q <sub>tf</sub> : depósito cuaternario de terraza fluvial. ....	37
<b>Figura 5.</b> El sistema de fallas Bucaramanga-Santa Marta, incluido dentro del marco tectónico regional, al norte de Suramérica. ....	38
<b>Figura 6.</b> Diagrama de los bloques tectónicos de la Meseta de Bucaramanga. ....	41
<b>Figura 7.</b> Mapa de zonas, en la división de la Terraza de Bucaramanga, por Porta (1959). ....	44
<b>Figura 8.</b> Zona del abanico más antiguo de la Meseta de Bucaramanga. El área en el triángulo corresponde al Abanico de Río Frío definido por Vargas (1993) e Ingeominas (2001). ....	49
<b>Figura 9.</b> Marco tectónico del área de estudio. ....	50
<b>Figura 10.</b> Ubicación de los sitios donde se levantaron las columnas estratigráficas. Se realizaron 6 columnas. ....	54
<b>Figura 11.</b> Fotografías ubicadas dentro de la columna 1. ....	56
<b>Figura 12.</b> Fotografías ubicadas dentro de la columna 2. ....	58
<b>Figura 13.</b> Fotografías ubicadas dentro de la columna 3. ....	60
<b>Figura 14.</b> Fotografía correspondiente a la columna 4. ....	62
<b>Figura 15.</b> Fotografía correspondiente a la columna 5. ....	63

<b>Figura 16.</b> Fotografía correspondiente a la columna 6.....	64
<b>Figura 17.</b> Ubicaciones de los puntos donde se recolectaron las muestras de los clastos para petrografía. ....	67
<b>Figura 18.</b> Fotografías tomadas para la muestra <b>M1</b> . <b>a.</b> En sección delgada con aumento de 5X; en nicoles paralelos, se observa cristales de cuarzo (Qtz), plagioclasa (Pl) y ortosa (Or). <b>b.</b> En sección delgada con aumento de 5X; en nicoles cruzados, se observan los colores de interferencia. <b>c.</b> Fotografía en muestra de mano. ....	68
<b>Figura 19.</b> Fotografías tomadas para la muestra <b>M2</b> . <b>a.</b> En sección delgada con aumento de 5X; en nicoles paralelos, se observa cristales de cuarzo (Qtz), plagioclasa (Pl), ortosa (Or), granate (Grt) y moscovita (Ms). <b>b.</b> En sección delgada con aumento de 5X, en nicoles cruzados, se observan los colores de interferencia. <b>c.</b> Fotografía en muestra de mano. ....	69
<b>Figura 20.</b> Fotografías tomadas para la muestra <b>M3</b> . <b>a.</b> En sección delgada con aumento de 5X; en nicoles paralelos, se observa cristales de epidota (Ep) y clorita (Chl). <b>b.</b> En sección delgada con aumento de 5X; en nicoles cruzados, se observan los colores de interferencia. <b>c.</b> Fotografía en muestra de mano. ....	70
<b>Figura 21.</b> Fotografías tomadas para la muestra <b>M4</b> . <b>a.</b> En sección delgada con aumento de 5X; en nicoles paralelos, se observa epidota (Ep) por alteración de la plagioclasa, incluida en un fenocristal de ortosa (Or). <b>b.</b> En sección delgada con aumento de 5X; en nicoles cruzados, se observan los colores de interferencia. ....	71
<b>Figura 22.</b> Fotografías tomadas para la muestra <b>M4</b> . <b>a.</b> En sección delgada con aumento de 5X; en nicoles paralelos, se observa cristales de cuarzo (Qtz), ortosa (Or), Plagioclasa (Pl), microclina (Mc), hacia la parte superior derecha se observa textura mirmequítica. <b>b.</b> En sección delgada con aumento de 5X; en nicoles cruzados, se observan los colores de interferencia. <b>c.</b> Fotografía en muestra de mano. ....	73
<b>Figura 23.</b> Fotografías tomadas para la muestra <b>M4</b> . <b>a.</b> En sección delgada con aumento de 5X, en nicoles paralelos, se observa cuarzo (Qtz) y textura micropertítica. <b>b.</b> En sección delgada con aumento de 5X, en nicoles cruzados, se observan los colores de interferencia. ....	74
<b>Figura 24.</b> Fotografías tomadas para la muestra <b>M5</b> <b>a.</b> En sección delgada con aumento de 5X; en nicoles paralelos, se observa cristales de cuarzo (Qtz), plagioclasa (Pl), ortosa (Or) y zircón (Zrn) con halo pleocrómico, en matriz afanítica microcristalina. <b>b.</b> En sección delgada con aumento de 5X; en nicoles cruzados, se observan los colores de interferencia. <b>c.</b> Fotografía en muestra de mano. ....	75

**Figura 25.** Fotografías tomadas para la muestra **M5**. **a.** En sección delgada con aumento de 5X, en nicols paralelos, se observa cristales de cuarzo (Qtz) subhedral con embahiamientos, plagioclasa (Pl), ortosa (Or) y clorita (Chl). **b y d.** En sección delgada con aumento de 5X, en nicols cruzados, se observan los colores de interferencia. **c.** En sección delgada con aumento de 5X, en nicols paralelos, se observa cristales de cuarzo (Qtz), esfena y minerales opacos.....76

**Figura 26.** Fotografías tomadas para la muestra **M6**. **a.** En sección delgada con aumento de 5X; en nicols paralelos, se observa cristales de cuarzo (Qtz), plagioclasa (Pl), en matriz afanítica vítrea. **b.** En sección delgada con aumento de 5X; en nicols cruzados, se observan los colores de interferencia. **c.** Fotografía en muestra de mano. ....77

**Figura 27.** Fotografías tomadas para la muestra **M6**. **a.** En sección delgada con aumento de 5X, en nicols paralelos, se observa un fragmento de roca (FR), en matriz afanítica vítrea. **b.** En sección delgada con aumento de 5X, en nicols cruzados, se observan los colores de interferencia. ....78

**Figura 28.** Fotografías tomadas para la muestra **M7**. **a.** En sección delgada con aumento de 5X; en nicols paralelos, se observa cristales de cuarzo (Qtz), plagioclasa (Pl) y ortosa (Or) en matriz afanítica vítrea. **b.** En sección delgada con aumento de 5X; en nicols cruzados, se observan los colores de interferencia. **c.** Fotografía en muestra de mano.....79

**Figura 29.** Fotografías tomadas para la muestra **M7**. **a.** En sección delgada con aumento de 5X, en nicols paralelos, se observa cuarzo (Qtz), Plagioclasa (Pl) y Ortosa (Or), con inclusiones de plagioclasa (textura peritética), en matriz afanítica vítrea. **b.** En sección delgada con aumento de 5X, en nicols cruzados, se observan los colores de interferencia. ....80

**Figura 30.** Fotografías tomadas para la muestra **M8**. **a.** En sección delgada con aumento de 5X; en nicols paralelos, se observa cristales de cuarzo (Qtz), plagioclasa (Pl) y ortosa (Or) y microclina (Mc). **b.** En sección delgada con aumento de 5X; en nicols cruzados, se observan los colores de interferencia. **c.** Fotografía en muestra de mano.....81

**Figura 31.** Fotografías tomadas para la muestra **M9**. **a.** En sección delgada con aumento de 5X; en nicols paralelos, se observa cristales de cuarzo (Qtz), plagioclasa (Pl) y ortosa (Or). **b.** En sección delgada con aumento de 5X; en nicols cruzados, se observan los colores de interferencia. **c.** Fotografía en muestra de mano. ....82

**Figura 32.** Fotografías tomadas para la muestra **M10**. **a.** En sección delgada con aumento de 5X; en nicols paralelos, se observa cristales de cuarzo (Qtz), alargados y como porfidoblastos, rodeado por una matriz que contiene cristales de

cuarzo más pequeños. **b.** En sección delgada con aumento de 5X; en nicols cruzados, se observan los colores de interferencia. **c.** Fotografía en muestra de mano.....84

**Figura 33.** Fotografías tomadas para la muestra **M10.** **a.** En sección delgada con aumento de 5X, en nicols paralelos, se observa cuarzo (Qtz), y cordierita (Crd) como porfidoblasto. **b.** En sección delgada con aumento de 5X, en nicols cruzados, se observan los colores de interferencia. ....85

**Figura 34.** Fotografías tomadas para la muestra **M11.** **a.** En sección delgada con aumento de 5X; en nicols paralelos, se observa cristales de cuarzo (Qtz) y micas. **b.** En sección delgada con aumento de 5X; en nicols cruzados, se observan los colores de interferencia. **c.** Fotografía en muestra de mano.....86

**Figura 35.** Fotografías tomadas para la muestra **M11.** **a.** En sección delgada con aumento de 5X; en nicols paralelos, se observa cuarzo (Qtz), plagioclasa (Pl), biotita (Bt), minerales opacos como microporfidoblastos. **b.** En sección delgada con aumento de 5X; en nicols cruzados, se observan los colores de interferencia. ....87

**Figura 36.** Fotografías tomadas para la muestra **M12.** **a.** En sección delgada con aumento de 5X; en nicols paralelos, se observa granos de cuarzo (Qtz) y zircón (Zrn). **b.** En sección delgada con aumento de 5X; en nicols cruzados, se observan los colores de interferencia. **c.** Fotografía en muestra de mano. ....88

**Figura 37.** Fotografías tomadas para la muestra **M13.** **a.** En sección delgada con aumento de 5X; en nicols paralelos, se observa cristales de cuarzo (Qtz) de forma alargada como porfidoblastos y cristales más pequeños y óxidos. **b.** En sección delgada con aumento de 5X; en nicols cruzados, se observan los colores de interferencia. **c.** Fotografía en muestra de mano. ....90

**Figura 38.** Fotografías tomadas para la muestra **M13.** **a.** En sección delgada con aumento de 5X, en nicols paralelos, se observa cuarzo 1 (Qtz1) y cuarzo 2 (Qtz2), clorita (Chl). **b.** En sección delgada con aumento de 5X, en nicols cruzados, se observan los colores de interferencia. ....91

**Figura 39.** Fotografías tomadas para la muestra **M14.** **a.** En sección delgada con aumento de 5X, en nicols paralelos, se observa cristales de cuarzo (Qtz), cordierita (Crd) y micas. **b.** En sección delgada con aumento de 5X, en nicols cruzados, se observan los colores de interferencia. **c.** Fotografía en muestra de mano.....92

**Figura 40.** Fotografías tomadas para la muestra **M14.** **a.** En sección delgada con aumento de 5X, en nicols paralelos, se observa cuarzo 1 (Qtz1) y micas. **b.** En

sección delgada con aumento de 5X, en nicols cruzados, se observan los colores de interferencia. ....	93
<b>Figura 41.</b> Fotografías tomadas para la muestra <b>M15</b> . <b>a.</b> En sección delgada con aumento de 5X; en nicols paralelos, se observa granos de cuarzo (Qtz), caolinita (como cemento arcilloso). <b>b.</b> En sección delgada con aumento de 5X; en nicols cruzados, se observan los colores de interferencia. <b>c.</b> Fotografía en muestra de mano.....	94
<b>Figura 42.</b> Fotografías tomadas para la muestra <b>M16</b> . <b>a.</b> En sección delgada con aumento de 5X; en nicols paralelos, se observa un grano de zircón (Zrn). <b>b.</b> En sección delgada con aumento de 5X; en nicols cruzados, se observan los colores de interferencia y granos de cuarzo (Qtz), moscovita (MS), Caolinita. <b>c.</b> Fotografía en muestra de mano. ....	95
<b>Figura 43.</b> Fotografías tomadas para la muestra <b>M17</b> . <b>a.</b> En sección delgada con aumento de 5X; en nicols paralelos, se observa granos de cuarzo (Qtz) y matriz. <b>b.</b> En sección delgada con aumento de 5X; en nicols cruzados, se observan los colores de interferencia. <b>c.</b> Fotografía en muestra de mano.....	97
<b>Figura 44.</b> Fotografías tomadas para la muestra <b>M18</b> . <b>a.</b> En sección delgada con aumento de 5X; en nicols paralelos, se observa granos de cuarzo (Qtz), glauconita y glauconita oxidada. <b>b.</b> En sección delgada con aumento de 5X; en nicols cruzados, se observan los colores de interferencia. <b>c.</b> Fotografía en muestra de mano. ....	99
<b>Figura 45.</b> Fotografías tomadas para la muestra <b>M18</b> . <b>a.</b> En sección delgada con aumento de 5X; en nicols paralelos, se observa cuarzo (Qtz) y glauconita. <b>b.</b> En sección delgada con aumento de 5X; en nicols cruzados, se observan los colores de interferencia. ....	100
<b>Figura 46.</b> Fotografía tomada a la muestra <b>M19</b> , en muestra de mano. ....	101
<b>Figura 47.</b> Fotografía tomada a la muestra <b>M20</b> , en muestra de mano. ....	102
<b>Figura 48.</b> Fotografía tomada a la muestra <b>M21</b> , en muestra de mano. ....	103
<b>Figura 49.</b> Fotografía tomada a la muestra <b>M22</b> , en muestra de mano. ....	104
<b>Figura 50.</b> Fotografía tomada a la muestra <b>M23</b> , en muestra de mano. ....	105
<b>Figura 51.</b> Fotografía tomada a la muestra <b>M24</b> , en muestra de mano. ....	106
<b>Figura 52.</b> Fotografía tomada a la muestra <b>M25</b> , en muestra de mano. ....	107

<b>Figura 53.</b> Fotografía tomada a la muestra <b>M26</b> , en muestra de mano. ....	108
<b>Figura 54.</b> Fotografía tomada a la muestra <b>M27</b> , en muestra de mano. ....	109
<b>Figura 55.</b> Fotografía tomada a la muestra <b>M28</b> , en muestra de mano. ....	110
<b>Figura 56.</b> Fotografía tomada a la muestra <b>M29</b> , en muestra de mano. ....	111
<b>Figura 57.</b> Fotografía tomada a la muestra <b>M29. a y b</b> . Se observan microfósiles de posibles foraminíferos. ....	111
<b>Figura 58.</b> Fotografía tomada a la muestra <b>M30</b> , en muestra de mano. ....	112
<b>Figura 59.</b> Fotografía tomada a la muestra <b>M31</b> , en muestra de mano. ....	113
<b>Figura 60.</b> Fotografía tomada a la muestra <b>M32</b> , en muestra de mano. ....	113
<b>Figura 61.</b> Fotografía tomada a la muestra <b>M33</b> , en muestra de mano. ....	114
<b>Figura 62.</b> Fotografía tomada a la muestra <b>M34</b> , en muestra de mano. ....	115
<b>Figura 63.</b> Fotografía tomada a la muestra <b>M35</b> , en muestra de mano. ....	115
<b>Figura 64.</b> Fotografía tomada a la muestra <b>M36</b> , en muestra de mano. ....	116
<b>Figura 65.</b> Fotografía tomada a la muestra <b>M37</b> , en muestra de mano. ....	117
<b>Figura 66.</b> Doble triángulo QAPF de Streckeisen (1976), para la clasificación de las muestras correspondientes a rocas ígneas intrusivas. ....	118
<b>Figura 67.</b> Doble triángulo QAPF de Streckeisen (1979), para la clasificación de las muestras correspondientes a rocas ígneas extrusivas. ....	119
<b>Figura 68.</b> Triángulo para la clasificación de las muestras correspondientes a rocas ígneas piroclásticas, según el tipo de piroclasto ....	120
<b>Figura 69.</b> Clasificación de los clastos de areniscas (con menos del 15% de matriz), según Folk (1974). ....	120
<b>Figura 70.</b> Clasificación de los clastos de Grauvacas (con más del 15% de matriz), según Folk (1974). ....	121
<b>Figura 71.</b> Variación en la composición de clastos para la columna 1. Distribución estratigráfica de la composición de clastos tamaño grava. ....	128

<b>Figura 72.</b> Variación en la composición de clastos para la columna 2. Distribución estratigráfica de la composición de clastos tamaño grava. ....	130
<b>Figura 73.</b> Variación en la composición de clastos para la columna 3. Distribución estratigráfica de la composición de clastos tamaño grava. ....	132
<b>Figura 74.</b> Variación en la composición de clastos para la columna 4. Distribución estratigráfica de la composición de clastos tamaño grava. ....	134
<b>Figura 75.</b> Variación en la composición de clastos para la columna 5. Distribución estratigráfica de la composición de clastos tamaño grava. ....	136
<b>Figura 76.</b> Variación en la composición de clastos para la columna 6. Distribución estratigráfica de la composición de clastos tamaño grava. ....	137
<b>Figura 77.</b> Variación en la composición de clastos para la columna generalizada. Distribución estratigráfica de la composición de clastos tamaño grava.....	139
<b>Figura 78.</b> Cuencas de drenaje de los principales ríos relacionados con el origen de la Fm. Bucaramanga.....	143
<b>Figura 79.</b> Áreas en millas cuadradas de las cuencas de drenaje de los principales ríos relacionados con el origen de la Fm. Bucaramanga. ....	145
<b>Figura 80.</b> Mapa de las unidades litoestratigráficas presentes en las cuencas de drenaje de los ríos Frío, Del Hato y De Oro. ....	148
<b>Figura 81.</b> Mapa de las unidades litoestratigráficas presentes en la cuenca de drenaje del Río Suratá. ....	150
<b>Figura 82.</b> Mapa de las unidades litoestratigráficas presentes en la cuenca de drenaje del Río Chicamocha.....	152
<b>Figura 83.</b> Mapa de las unidades litoestratigráficas presentes en la cuenca de drenaje del Río Sogamoso. ....	154
<b>Figura 84.</b> Principales bloques tectónicos del área de estudio, potenciales fuente de sedimento. ....	157
<b>Figura 85.</b> Bloque-diagrama de la evolución geológica de la Región de Las Mesas y sus implicaciones en el origen de la Fm. Bucaramanga. Durante el Plioceno. a. Primeras etapas de la deformación de la región de las Mesas. b. Etapa posterior a la captura del río Chicamocha, con mayor desarrollo del relieve en la región de las Mesas. ....	160

**Figura 86.** Bloque-diagrama de la evolución geológica de la Región de Las Mesas y sus implicaciones en el origen de la Fm. Bucaramanga. Relieve actual de esta región..... 161

## LISTA DE TABLAS

Pág.

<b>Tabla 1.</b> Cuadro comparativo de los niveles sedimentarios diferenciados en campo, con los miembros reportados en el pasado de la Fm. Bucaramanga. ....	64
<b>Tabla 2.</b> Clastos recolectados en el proyecto, con su respectivo punto de recolección.....	122
<b>Tabla 3.</b> Clastos indicadores de proveniencia y unidades lito-estratigráficas potenciales fuente del sedimento.....	123
<b>Tabla 4.</b> Clastos indicadores de proveniencia del depósito estudiado de la Fm. Bucaramanga, agrupados en las litologías indicadoras y correlacionados a unidades reportadas anteriormente en los alrededores de la zona. CVMM (Cuenca del Valle Medio del Magdalena), CMC (Cuenca de Maracaibo Colombia). ....	126
<b>Tabla 5.</b> Porcentajes de las litologías indicadoras de proveniencia en los conteos de clastos (CC) para la Columna 1.....	129
<b>Tabla 6.</b> Porcentajes de las litologías indicadoras de proveniencia en los conteos de clastos (CC) para la Columna 2.....	131
<b>Tabla 7.</b> Porcentajes de las litologías indicadoras de proveniencia en los conteos de clastos (CC) para la Columna 3.....	133
<b>Tabla 8.</b> Porcentajes de las litologías indicadoras de proveniencia en los conteos de clastos (CC) para la Columna 4.....	135
<b>Tabla 9.</b> Porcentajes de las litologías indicadoras de proveniencia en los conteos de clastos (CC) para la Columna 5.....	136
<b>Tabla 10.</b> Porcentajes de las litologías indicadoras de proveniencia en los conteos de clastos (CC) para la Columna 6.....	138
<b>Tabla 11.</b> Porcentajes de las litologías indicadoras de proveniencia en los conteos de clastos (CC) para la Columna Generalizada.....	140
<b>Tabla 12.</b> Porcentaje promedio de las litologías indicadores de proveniencia en la totalidad del área de estudio.....	147

**Tabla 13.** Presencia de las litologías indicadoras de proveniencia en las cuencas de drenaje de los ríos Frío, Del Hato y De Oro. .... 149

**Tabla 14.** Presencia de las litologías indicadoras de proveniencia en la cuenca de drenaje del Río Suratá. .... 151

**Tabla 15.** Presencia de las litologías indicadoras de proveniencia en la cuenca de drenaje del Río Chicamocha. .... 153

**Tabla 16.** Presencia de las litologías indicadoras de proveniencia en la cuenca de drenaje del Río Sogamoso. .... 155

## LISTA DE ANEXOS

**Anexo A.** Columna estratigráfica 1.

**Anexo B.** Columna estratigráfica 2.

**Anexo C.** Columna estratigráfica 3.

**Anexo D.** Columna estratigráfica 4.

**Anexo E.** Columna estratigráfica 5.

**Anexo F.** Columna estratigráfica 6.

**Anexo G.** Columna estratigráfica generalizada.

**Anexo H.** Cuadro correlativo de las litologías identificadas en la petrografía con unidades reportadas anteriormente.

[Ver carpeta adjunta].

## RESUMEN

**TÍTULO: ESTUDIO DE PROVENIENCIA DE LOS SEDIMENTOS DE LA FORMACIÓN BUCARAMANGA, AL SUR DEL RÍO FRÍO; EN LOS MUNICIPIOS DE FLORIDABLANCA Y GIRÓN, SANTANDER.**

**AUTOR: LEONARDO AUGUSTO SOLANO ÁVILA \*\***

**PALABRAS CLAVE:** Estudio de proveniencia, Formación Bucaramanga, abanico aluvial, cuenca de Drenaje, Análisis petrográfico, conteo de clastos.

### **DESCRIPCIÓN:**

La Fm. Bucaramanga corresponde a un depósito sedimentario, considerado de edad Plio-Pleistoceno de acuerdo Jiménez et al. (2014). Está conformada por 4 niveles principales denominados de base a techo: Miembro Órganos (Qbo), Miembro Finos (Qbf), Miembro Gravoso (Qbg) y Miembro Limos Rojos (Qblr), descritos en Ingeominas (2001 y 2005). El origen de esta unidad ha sido objeto de controversia, algunos autores plantean que los sedimentos que la conforman fueron transportados y depositados por un antiguo curso del Río Sogamoso que se prolongaba por la Meseta de Bucaramanga en el pasado. Otros proponen que la Fm. Bucaramanga corresponde a un abanico aluvial cuyos sedimentos fueron transportados y depositados por el Río Suratá.

A fin de realizar un aporte que permita dar soluciones a esta controversia, se llevaron a cabo descripciones sedimentológicas a partir de columnas estratigráficas levantadas en campo, petrografía de clastos recolectados tamaño grava y comparaciones litológicas con unidades reportadas por otros autores en el pasado; en un sector de la Fm. Bucaramanga localizado al sur del Río Frío en los municipios de Floridablanca y Girón, Santander. Además se realizaron análisis espaciales a partir de sistemas de información geográfica de la totalidad del depósito.

Se identificó que los sedimentos localizados en el área de estudio correspondían a la Fm. Bucaramanga, descrita en Ingeominas (2001 y 2005). La principal área fuente del sedimento se localiza al sur y sureste de la Meseta de Bucaramanga, por lo cual la hipótesis de que los sedimentos de la Fm. Bucaramanga fueron transportados y depositados por el Río Sogamoso; propuesta por Julivert (1958), explicaría el origen de esta unidad.

---

\* Trabajo de grado, en la modalidad de investigación.

\*\* Facultad de Ingenierías Físico-Químicas. Escuela de Geología. Universidad Industrial de Santander. Director: Msc. Victor Caballero Ortiz. Codirectora: Msc. Julieta Pineda.

## SUMMARY

**TITLE: STUDY OF ORIGIN OF FORMACIÓN BUCARAMANGA SEDIMENTS, SOUTH OF FRÍO RIVER, IN THE MUNICIPALITIES OF FLORIDABLANCA AND GIRÓN, SANTANDER. \***

**AUTHOR: LEONARDO AUGUSTO SOLANO ÁVILA. \*\***

**KEYWORDS:** Study of origin, Formación Bucaramanga, alluvial fan, drainage basin, petrographic analysis, count clasts.

### DESCRIPTION:

Fm. Bucaramanga corresponds to a sedimentary deposit, considered Plio-Pleistocene age according Jiménez et al. (2014). It consists of four main levels called from base to top: Miembro Órganos (Qbo), Miembro Finos (Qbf), Miembro Gravoso (Qbg) and Miembro Limos Rojos (Qblr), described in Ingeominas (2001 and 2005). The origin of this unit has been controversial, some authors suggest that the sediments that form it were transported and deposited by an ancient course of the Sogamoso River that extended by the Bucaramanga Plateau in the past. Others propose that the Fm. Bucaramanga corresponds to an alluvial fan whose sediments were transported and deposited by the River Suratá.

In order to make a contribution which would give solutions to this controversy, they were carried out sedimentological descriptions from stratigraphic columns erected in field, petrography size gravel clasts collected and lithological comparisons reported by other authors in the past units; in a sector of the Fm. Bucaramanga located south of the Frio River in the municipalities of Floridablanca and Girón, Santander. In addition spatial analyzes were performed from geographic information systems of the entire deposit.

Identifies the sediments located in the study area corresponded to the Fm. Bucaramanga, described in Ingeominas (2001 and 2005). The main sediment source area is located south and southeast of the Plateau of Bucaramanga, therefore the hypothesis that Fm. Bucaramanga sediments were transported and deposited by the River Sogamoso; proposed by Julivert (1958), explain the origin of this unit.

---

\* Grade work, modality investigation.

\*\* Faculty of Physical Chemical Engineering, School of Geology, Universidad Industrial de Santander. Director: Msc. Victor Caballero Ortíz. Codirectora: Msc. Julieta Pineda.

## INTRODUCCIÓN

Los estudios de proveniencia varían dentro de las principales disciplinas de la geología (mineralogía, geoquímica, geocronología, sedimentología y petrografía). Su cometido incluye la ubicación y naturaleza de las zonas de origen de sedimentos, las vías por las que los sedimentos se transfieren desde la fuente hasta la cuenca de depositación, y los factores que influyen en la composición de las rocas sedimentarias como lo son el relieve, el clima, el ambiente tectónico, entre otros (Haughton P., et al., 1991).

Con el levantamiento del anticlinal de Los Cobardes, al suroeste de la zona de estudio, durante el Eoceno tardío; se tienen las etapas iniciales del levantamiento de la Cordillera Oriental, en este sector del departamento de Santander (Caballero, 2010). Durante el Oligoceno y Mioceno, la cordillera Oriental continuó en elevación y al mismo tiempo procesos erosivos marcaban la morfología de esta región. Con el juego de las fallas, en el Plioceno una depresión tectónica en la zona de Bucaramanga se forma (Niño y Vargas, 1993), en donde comienza a depositarse los sedimentos que constituyen la Fm. Bucaramanga.

La Fm. Bucaramanga corresponde a un depósito sedimentario, considerado de edad Plio-Pleistoceno de acuerdo Jiménez et al. (2014). Está conformada por 4 niveles principales denominados de base a techo: Miembro Órganos (Qbo), Miembro Finos (Qbf), Miembro Gravoso (Qbg) y Miembro Limos Rojos (Qblr), descritos en Ingeominas (2001 y 2005). El origen de esta unidad es objeto de controversia hoy en día, algunos autores como Niño y Vargas (1993), Ingeominas (2001 y 2005) y Jiménez (2014), entre otros; proponen la idea de que esta formación corresponde a un depósito de abanico aluvial, cuyos sedimentos fueron transportados y depositados por el Río Suratá. En cambio Julivert (1958), en su momento propuso la idea de que el depósito de la Fm. Bucaramanga, corresponde a una terraza fluvial, cuyos sedimentos fueron transportados y depositados por un antiguo curso del Río Sogamoso, que en el pasado se prolongaba por la Meseta de Bucaramanga. Idea que fue apoyada por Porta (1959) y Ward et al. (1973).

A partir de análisis petrográficos, descripciones sedimentológicas de columnas estratigráficas, comparaciones con reportes de trabajos anteriores y empleando sistemas de información geográfica; con el presente proyecto se busca hacer una aproximación enfocada en identificar la composición de los clastos dentro del depósito de la Fm. Bucaramanga. Estudio que se lleva a cabo hacia el sector sur de esta, en el área del Río Frío, Llano Grande, Chocóa y los ríos aledaños; con el objetivo de asignar áreas fuente para el sedimento que la constituye. Así mismo se

busca realizar un aporte significativo que pueda ayudar a solucionar la controversia sobre el origen de los sedimentos de la Fm. Bucaramanga.

## 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El depósito del Cuaternario de la Meseta de Bucaramanga está constituida por depósitos de abanico aluvial, definidos como Formación Bucaramanga (Ingeominas, 2001 y 2005). Conformada por 4 niveles básicos y principales, que son: Miembro Órganos (Qbo), Miembro Finos (Qbf), Miembro Gravoso (Qbg) y Miembro Limos Rojos (Qblr).

Como se demostrará en este estudio, la extensión y espesor de este depósito, obliga a admitir que la proveniencia del sedimento que lo compone, no solo puede provenir de la cuenca de drenaje del Río Suratá o del Río Frío. Además se tienen depósitos de iguales características al sur del Río Frío que se extienden hasta el sur de la Mesa de Ruitoque y en la vereda Chocóa, que no pudieron ser depositados por las quebradas pequeñas presentes en la zona. Por otra parte el valle de Chocóa es un valle demasiado ancho para haber sido excavado por alguna de las quebradas que por allí fluyen, (Julivert, 1958). Según Julivert (1958), un antiguo curso del Río Sogamoso y del Río Chicamocha pudo haber sido el medio que transportó y depositó estas potentes capas aluviales, cursos que eran marcados por el trazo de las fallas del Suarez y Bucaramanga-Santa Marta y por efecto de un vasculamiento en dirección oeste, los ríos principales de la zona cambiaron su curso en esta dirección, al sur de la meseta.

De esta manera Julivert (1958) concluyó que el Río Sogamoso seguía su curso hacia el norte, para continuarse por el Río de Oro y el Río Lebrija, pasando por el área sobre la que está construida la ciudad de Bucaramanga y transportando los sedimentos que conformaron el depósito. Hipótesis que es contraria a la idea de que este depósito fue formado por el Río Suratá, y que por actividad de la falla Bucaramanga-Santa Marta, se ha ido desplazando hacia el sur, dejando un depósito que se extiende hasta la Mesa de Ruitoque (Niño y Vargas, 1993; Ingeominas 2001 y 2005; y Jiménez et al., 2014 entre otros).

## 2. JUSTIFICACIÓN

La existencia de dos hipótesis que explican el origen del depósito de la Formación Bucaramanga, como son la planteada por Julivert (1958), quien propone la idea de que los sedimentos que lo conforman fueron transportados y depositados por un antiguo curso del Río Sogamoso. Idea que fue apoyada en su momento por Porta (1959) y Ward et al. (1973), quienes aportaron algunas evidencias que la sustentaban. Y la hipótesis con mayor aceptación recientemente, la cual plantea que los sedimentos fueron transportados y depositados principalmente por el Río Suratá al noreste del área de estudio (Niño y Vargas, 1993; Ingeominas 2001 y 2005; y Jiménez et al., 2014 entre otros). Esta controversia invita al desarrollo de estudios que mediante nuevas aproximaciones diferentes a las estructurales y geomorfológicas, puedan contribuir al establecimiento de las áreas fuente de sedimento mediante estudios de proveniencia. Esta nueva aproximación se ha enfocado en identificar la composición de los clastos dentro del depósito y mediante bibliografía y campo caracterizar los afloramientos en los alrededores del área de Río Frío, Llano Grande, Chocóa y los ríos aledaños; con el objetivo de asignar áreas fuente para el sedimento que constituye la Formación Bucaramanga. Así pues en este estudio se realizan descripciones sedimentológicas del depósito que permita reconocer la composición de clastos distribuidos tanto espacial como temporalmente.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GENERAL**

Reconocer la distribución espacial y temporal de la composición de clastos, de los depósitos del Cuaternario que se encuentran al Sur del Río Frío; e identificar las posibles áreas y unidades lito-estratigráficas fuente del sedimento.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Realizar las descripciones texturales y sedimentológicas, a partir del levantamiento de secciones estratigráficas.
- Realizar el análisis petrográfico de los clastos recolectados, indicadores de proveniencia.
- Reconocer la distribución espacio-temporal de la composición de clastos tamaño grava y relacionarla con las posibles áreas y unidades fuente.

## 4. MARCO DE REFERENCIA

### 4.1 DEPÓSITOS ALUVIALES

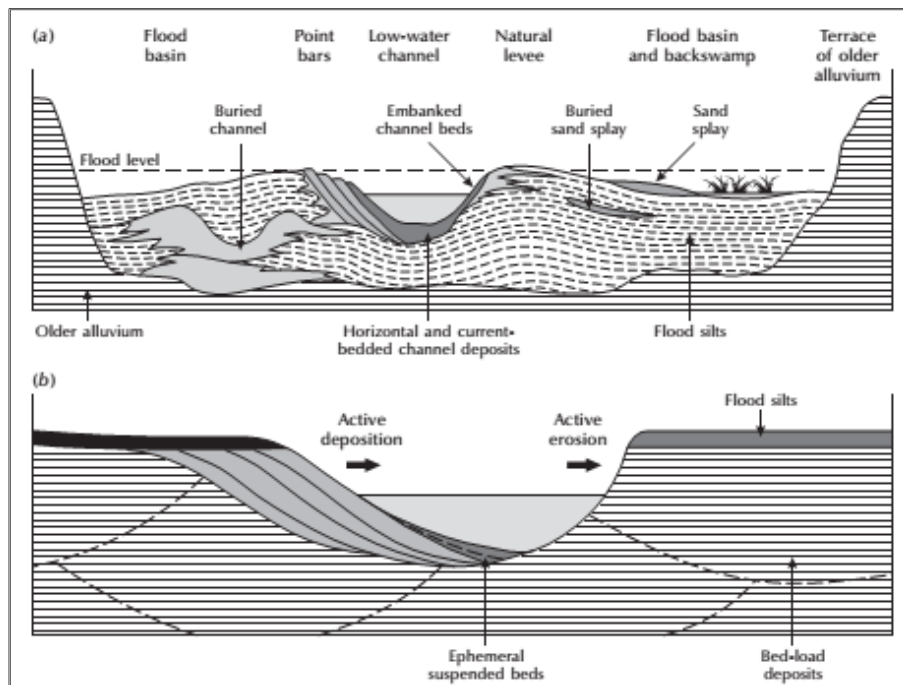
También conocidos como depósitos fluviales (Boggs, 1987); son depósitos de sedimento dejados por los ríos y quebradas mayores que dan forma al terreno.

**4.1.1 Llanuras de inundación.** La mayoría de los ríos, se encuentran enmarcados por un área de tierra moderadamente plana llamada llanura de inundación, que se forma a partir de los sedimentos depositados cuando el río está en crecida. Pequeñas inundaciones que ocurren con frecuencia cubren una parte de la llanura de inundación, mientras que las inundaciones importantes raras sumergen toda la zona. La anchura de las llanuras de inundación es aproximadamente proporcional al caudal de los ríos. Las llanuras de inundación adyacentes en regiones de topografía moderada pueden unirse para formar llanuras aluviales, (Huggett, 2007).

**4.1.2 Llanuras aluviales convexas.** Las llanuras de inundación de bajo gradiente de la mayoría de los ríos grandes, son amplias y tienen secciones transversales ligeramente convexas, la tierra se inclina lejos de la orilla del río a los lados del valle. La forma convexa es principalmente un producto de la sedimentación (Figura 1a). La carga de fondo y sedimentos en suspensión se establecen en el canal de aguas bajas y a lo largo de sus bordes inmediatos, mientras que solo materiales suspendidos se establecen en las cuencas de inundación. La carga de fondo se acumula más rápidamente que la carga suspendida, y la depositación es más frecuente en el canal y cerca del canal; que en los sitios de desbordamiento. En consecuencia, los bancos de canales y diques crecen más rápido que las cuencas de inundación y pueden llegar a tener de 1 a 15 m de altura, (Huggett, 2007).

**4.1.3 Llanuras aluviales planas.** La mayoría de las pequeñas llanuras de inundación son planas o suavemente cóncava en sección transversal. En estas llanuras aluviales planas, los diques naturales son pequeños o ausentes y las llanuras aluviales se elevan suavemente hacia los lados del valle. La forma cóncava se da por una pequeña zona inundable que es susceptible de reelaboración continua por la corriente (Figura 1b). La mayoría de los ríos de tamaño medio, y muchos ríos importantes, tienen llanuras aluviales planas formadas principalmente por acreción lateral (sedimentación en el interior del cauce). Las llanuras aluviales planas también se pueden formar por depositación aluvial en las corrientes trenzadas, (Huggett, 2007).

**Figura 1.** Secciones a través de llanuras de inundación, a. Llanuras de inundación convexa, b. Llanuras de inundación plana.



Fuente. Huggett, 2007.

**4.1.4 Abanicos aluviales.** Un abanico aluvial es un depósito en forma de cono que se forma donde una corriente que fluye de las montañas desemboca en una llanura (Figura 2). Los depósitos aluviales irradian desde el vértice del abanico, que es el punto en el que la corriente sale de las montañas irradiando canales que distribuyen el sedimento formando el abanico; Estos están en su mayor profundidad cerca del vértice y disminuye al aumentar la distancia desde el vértice, con el tiempo convergen con la superficie del abanico. La zona de depositación sobre el abanico se localiza detrás de la ruptura de la pendiente entre la superficie del abanico y la tierra plana en frente del ápice. La inclinación de la pendiente del abanico depende del tamaño de la corriente y la tosquedad de la carga. Los abanicos aluviales más empinados están asociados con pequeños arroyos y cargas gruesas. Los abanicos son comunes en zonas áridas y semiáridas, pero ocurren en todas las zonas climáticas, (Huggett, 2007). De acuerdo con Niño y Vargas (1993) un buen desarrollo de los abanicos tiene lugar a lo largo de escarpes y líneas de falla.

Los abanicos aluviales son indicadores de la forma del relieve terrestre resultante del levantamiento de la litósfera en márgenes continentales y fallamiento intracratónico (Niño y Vargas, 1993).

**Figura 2.** Abanico aluvial en el Valle de La Muerte, California



**Fuente** Boggs, 1987.

Las partes de un abanico aluvial son el ápice que se ubica hacia la parte superior, justo en el pie de la ladera donde se tiene el cambio brusco de pendiente. El cañón del abanico que se ubica en la cabeza del mismo (área proximal), lugar en el que la corriente erosiona parte del abanico. El área media donde la pendiente

se hace muy baja y la corriente deposita el sedimento, y se extiende hasta la punta del abanico que es el extremo del área distal (Nichols G., 2009).

Los abanicos aluviales son depósitos localizados cerca de cuencas sedimentarias, que tiene pocos kilómetros de extensión lateral desde el margen de la montaña. Las facies principales son conglomeráticas y puede incluir fábricas matriz-soportadas, depositados por flujos de escombros, gravas bien estratificadas y arenas depositadas por procesos de flujos laminares de inundación y canales que migran lateralmente sobre la superficie del abanico. Depósitos fluviales y aluviales pueden ser intercalados con depósitos lacustres y eólicos, dependiendo del paleoclima y muchos (pero no todos) sistemas de ríos cercanos a la costa, estuarios y deltas. Otras características faciales de los depósitos aluviales y fluviales son los fósiles, restos de plantas fósiles y perfiles de paleosuelos en depósitos de planicie aluvial (Nichols G., 2009).

- **Procesos de depositación en abanicos aluviales.**

Están determinados por la disponibilidad de agua, la cantidad y el tipo de sedimento generado y transportado desde la terminación del cañón, y; el gradiente en la superficie del abanico (Nichols G., 2009).

- **Depósitos fluviales formando abanicos aluviales.**

El río emerge desde la terminación del cañón y puede continuar fluyendo como un canal confinado en la planicie aluvial. Al reducirse la pendiente el flujo se deposita en la planicie, depositando gravas en barras dentro del canal, que crea forma de depositación trenzada. La depositación en eventos de alta descarga hace que el canal se sature de sedimento generando procesos de migración lateral gradual o por avulsión, depositando más o menos láminas continuas de gravas por encima de la superficie del abanico. El radio del abanico es determinado por la longitud sobre la cual el canal está depositando gravas, arenas y finos en la planicie aluvial. La forma del cuerpo sedimentario puede ser similar al de un abanico formado por flujo laminar, pueden tener una extensión de 10 km del ápice a la punta. Distintos canales pueden ser preservados pero como capas individuales, con la geometría de láminas, capas de conglomerados clasto-soportadas, areniscas y con estructuras sedimentarias como corrientes trenzadas, imbricación, estratificación cruzada en gravas y laminación cruzada en arenas, (Nichols G., 2009).

- **Controles en la depositación de un abanico aluvial.**

Los depósitos de abanicos aluviales no son los más significativos en una cuenca sedimentaria en términos de volumen, ellos son importantes porque la depositación de abanicos es sensitiva a controles tectónicos y climáticos. Pueden

darse en zonas de tectónica activa que generan levantamientos montañosos y subsidencia en la cuenca. Análisis en el espesor de las capas en el abanico y en el tamaño de los granos pueden ser usados como métodos de identificación de levantamiento tectónico. Un cambio en el clima puede también resultar en cambios en los procesos de depositación en un abanico, Harvey et al. (2005; en Nichols G., 2009). Por ejemplo un incremento en las lluvias, mayor cantidad de agua está disponible y esto puede resultar en una predominancia de procesos de flujos laminares y corrientes de canal con menos ocurrencia de eventos de flujos de escombros. El carácter de los conglomerados depositados en el abanico reflejan estos cambios climáticos, con capas de conglomerados más clasto-soportados y menos matriz-soportados. Otro factor que controla la depositación de un abanico es la naturaleza de la roca del área fuente, si en el área fuente se tiene una litología de lodos o roca blanda, tiende a generar en el abanico flujos de escombros lodosos, pero con rocas más resistentes, se tienen arenas y gravas, las cuales son transportadas y depositadas por flujos laminares y corrientes de canal (Blair, 2000a; Nichols & Thompson, 2005; en Nichols G., 2009).

- **Características de los depósitos en abanicos aluviales.**

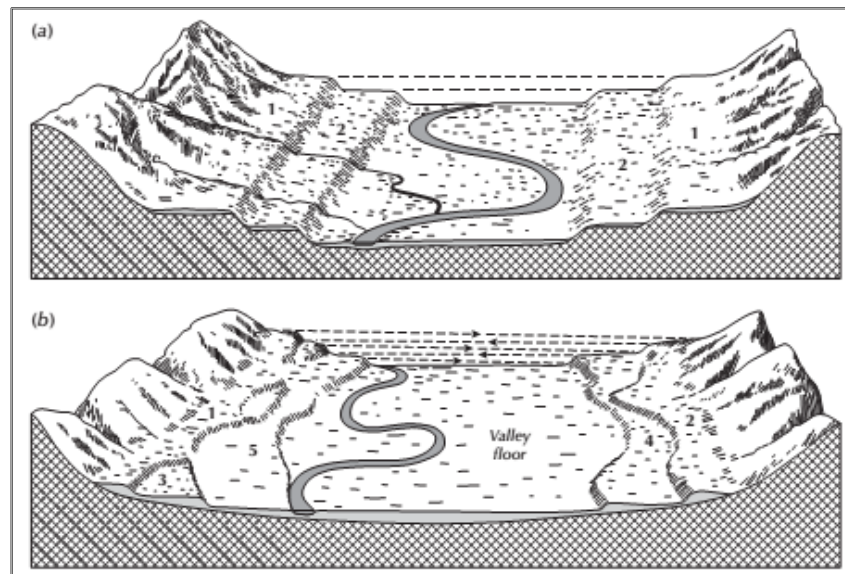
- ❖ Litología: gravas, arenas y lodos.
- ❖ Mineralogía: variable, desde composicionalmente inmadura.
- ❖ Textura: muy pobre en flujos de escombros a moderado en arenas de río.
- ❖ Geometría de las capas: laminas en abanicos, lentes formados por canales de ríos unitarios.
- ❖ Estructuras sedimentarias: estratificación cruzada y laminación en depósitos de canales.
- ❖ Paleocorrientes: direcciones que indican el flujo y la pendiente de depositación.
- ❖ Fósiles: fauna no común, plantas fósiles que pueden ser comunes y facies de planicies de inundación.
- ❖ Color: amarillo, rojo y marrón relacionado a condiciones de oxidación.
- ❖ Asociación de facies: los depósitos de abanicos aluviales pueden ser asociados con lagos efímeros y dunas eólicas, los ríos pueden ser asociados con lagos, deltas y facies estuarinas.

**4.1.5 Playas.** Las playas son las formas de relieve más planas y más suaves en la Tierra. Ocurren en cuencas cerradas al interior de los continentes, que se llaman bolsones en América del Norte. Los bolsones están rodeados de montañas de las cuales surgen las inundaciones cargadas de sedimentos que se depositan en la cuenca. El sedimento más grueso se deposita para formar abanicos aluviales, que pueden unirse para formar llanuras inclinadas complejas conocidas como bajadas. El material restante - principalmente arena fina, limo y arcilla – se difumina sobre la playa y se instala cuando el agua se evapora. El suelo de la playa acumula sedimentos a razón de unos pocos centímetros hasta un metro en un milenio. Como el agua llena la parte más baja de la playa, el sedimento depositado tiende a nivelar el terreno. Las playas típicamente ocupan alrededor del 2-6% de la zona de depositación en un bolsón, (Huggett, 2007).

**4.1.6 Terrazas de río.** Una terraza es una zona más o menos plana que está limitado por las superficies inclinadas con pendiente ascendente a cada lado. Las terrazas fluviales son los restos de sedimento de los valles viejos que se quedan abandonados a los lados del nuevo valle formado por la erosión del río. Las capas resistentes horizontales o tumbadas pueden producir áreas planas en los lados del valle, por lo que el reconocimiento de las terrazas requiere que los controles estructurales sean descartados, (Huggett, 2007).

Las terrazas apareadas se forman donde la erosión vertical del río es más rápida que la migración lateral del canal del río formando terrazas (Figura 3a). Las terrazas no apareadas se forman donde el canal se desplaza lateralmente más rápido de lo que erosiona el río, por lo que las terrazas están formadas en tiempos diferentes a cada lado del valle (Figura 3b). La erosión de un valle de río es una condición previa para la formación de terraza junto a él. Existen dos tipos principales de terraza fluvial que corresponden a dos tipos de suelo del valle: terrazas tipo Bed-Rock y terrazas aluviales, (Huggett, 2007).

**Figura 3.** Terrazas apareadas y no apareadas; a. Terrazas apareadas policíclicas, b. Terrazas no apareadas no cíclicas.



Fuente. Huggett, 2007.

- **Terrazas Bed-Rock.**

Las terrazas Bed-rock o estrato-terrazas comienzan en los valles donde un río corta a través de los estratos para producir un valle en forma de V, cuyo suelo se ensancha por la erosión lateral. Una fina capa de grava cubre a menudo la superficie plana, erosionada lateralmente. La erosión renovada en este valle deja restos del antiguo suelo del valle en las laderas del valle como estrato-terrazas con suelo. A menudo se asocian con levantamiento tectónico, (Huggett, 2007).

- **Terrazas aluviales.**

Las terrazas Aluviales o de acumulación son relictos de fondo de los valles aluviales. Una vez que el valle está formado por la erosión vertical, puede llenarse de aluvión para crear una llanura de inundación. Iniciada la erosión vertical luego corta a través del aluvión, dejando a veces terrazas acumuladas a los lados del valle. Las capas de terrazas aluviales en valles particulares han tenido a menudo historias complicadas, con varias fases de acumulación y erosión que están interrumpidas por fases de erosión lateral. Con frecuencia forman una escalera, (Huggett, 2007).

**4.1.7 Deltas lacustres.** Los deltas lacustres son acumulaciones de aluvión donde los ríos desembocan en lagos. Al pasar de un río a un lago, el movimiento del agua disminuye y con ella la capacidad del agua para llevar sedimentos. Por lo cual el sedimento se deposita más rápido de lo que se erosiona, formando un delta lacustre, (Huggett, 2007).

## **4.2 PROVENIENCIA DE SEDIMENTOS**

En un relleno sedimentario sintectónico, la historia de erosión de las rocas más resistentes del orógeno que se levanta queda representada en el registro sedimentario de la cuenca asociada. La metodología busca correlacionar la composición del sedimento de este registro con la del área fuente, (Caballero, 2010).

La composición de los sedimentos que se acumulan en una cuenca, reflejan la composición del área fuente de donde proviene que puede ser un orógeno, cinturón de cabalgamiento, cratón o un paleo-alto. La depositación de sedimentos de una composición particular es evidencia de que las rocas de esa litología en algún momento estuvieron expuestas a meteorización y erosión en algún lugar del área fuente. Por lo tanto para correlacionar los sedimentos de la cuenca con el área fuente se hace necesario conocer la litología del área fuente potencial, (Graham et al., 1986).

Si el sedimento proviene del orógeno y su litología es bien conocida y a su vez la unidad estratigráfica en el depósito donde aparece por primera vez esta litología es plenamente identificada, se puede deducir que un tiempo anterior a la depositación, el área fuente estuvo expuesta y sometida a procesos de meteorización y erosión, producto de un evento tectónico asociado que produjo el levantamiento, (Caballero, 2010). Solo la aparición por primera vez de una litología particular en el depósito de la cuenca es clave para determinar la evolución de la misma, (Jones et al., 2004; en Caballero, 2010).

Durante una orogenia, la erosión de la cadena montañosa a medida que se levanta junto con el transporte y depositación en la cuenca adyacente genera depósitos aluviales cuya composición de conglomerados refleja la composición del área fuente de manera invertida, ya que las unidades más jóvenes levantadas se erosionaron primero y ahora se encuentran como depósitos debajo, por tanto se presenta una distribución de clastos invertida verticalmente (Colombo, 1994; en Caballero, 2010).

Los estudios de proveniencia varían dentro de las principales disciplinas de la geología (mineralogía, geoquímica, geocronología, sedimentología y petrografía). Su cometido incluye la ubicación y naturaleza de las zonas de origen de sedimentos, las vías por las que los sedimentos se transfieren desde la fuente

hasta la cuenca de depositación, y los factores que influyen en la composición de las rocas sedimentarias como lo son el relieve, el clima, el ambiente tectónico, entre otros (Haughton P., et al., 1991).

- **Conteo de clastos.**

El conteo de clastos, se desarrolla en distintas localidades del depósito del cuaternario, con la finalidad de determinar patrones de dispersión de los sedimentos tamaño grava, este procedimiento se desarrolla a partir de una clasificación por categorías, relacionadas con el tipo de roca de cada clasto; para que de esta manera determinar la procedencia litológica de los sedimentos, (Caballero, 2010).

En este proceso, los factores litológicos pueden aislarse mediante la comparación de terrenos fuente bien conocidos, con las muestras estratigráficamente posicionadas en la zona de estudio, (Graham et al., 1986).

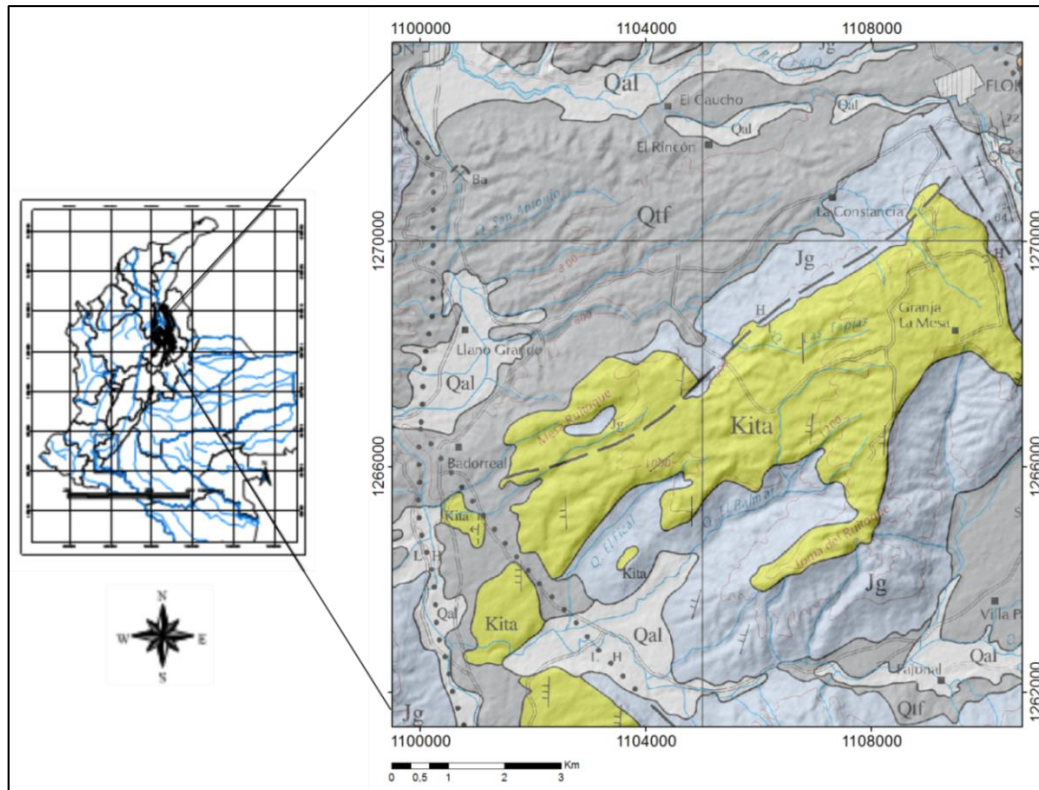
Según Graham et al. (1986) la procedencia se determina mediante un modelo con el siguiente procedimiento:

- Estimar el espesor de las litologías productoras de gravas en el o las áreas fuente de sedimento.
- Identificar las unidades litológicas del área fuente representadas por los clastos indicadores de procedencia presentes en el afloramiento.
- Definir la ventana de procedencia dentro del área fuente, para cada conteo de clastos, de acuerdo a los clastos indicadores de procedencia.
- En cada ventana, mediante el espesor identificado, calcular la contribución normalizada de cada unidad litológica fuente y graficar una curva acumulativa.
- Realizar el conteo de clastos, graficarlo en curva acumulativa.
- Finalmente comparar las poblaciones contadas con las poblaciones hipotéticas utilizando las curvas acumulativas para observarlo gráficamente si coincide o no y finalmente realizar el análisis de resultados.

## 5. LOCALIZACION

El área de estudio (Figura 4) se encuentra en el sector sur de la Meseta de Bucaramanga, en los municipios de Floridablanca y Girón. Su límite por el norte es el Anillo Vial que comunica a estos dos municipios y el Río Frío; por el oeste con la vía que comunica a Girón con Zapatoca, hasta el sector conocido como Chocoa; por el sur limita con el municipio de Piedecuesta y por el este con la autopista que comunica a los municipios de Piedecuesta, Floridablanca y Bucaramanga. Las principales vías de acceso es la autopista que comunica al Municipio de Piedecuesta con Floridablanca, siguiendo por el anillo vial que comunica a Floridablanca con Girón y la vía que comunica a Girón con Zapatoca. Esta área se encuentra cartografiada dentro del cuadrángulo H-12 Bucaramanga; de Ingeominas, a escala 1:100000 y el mapa geológico a escala 1:25000 (Ingeominas, 2001).

**Figura 4.** El área de estudio está ubicada al sur del Río Frío en el área Metropolitana de Bucaramanga. Los depósitos de cuaternario estudiados están clasificados como Qtf: depósito cuaternario de terraza fluvial.



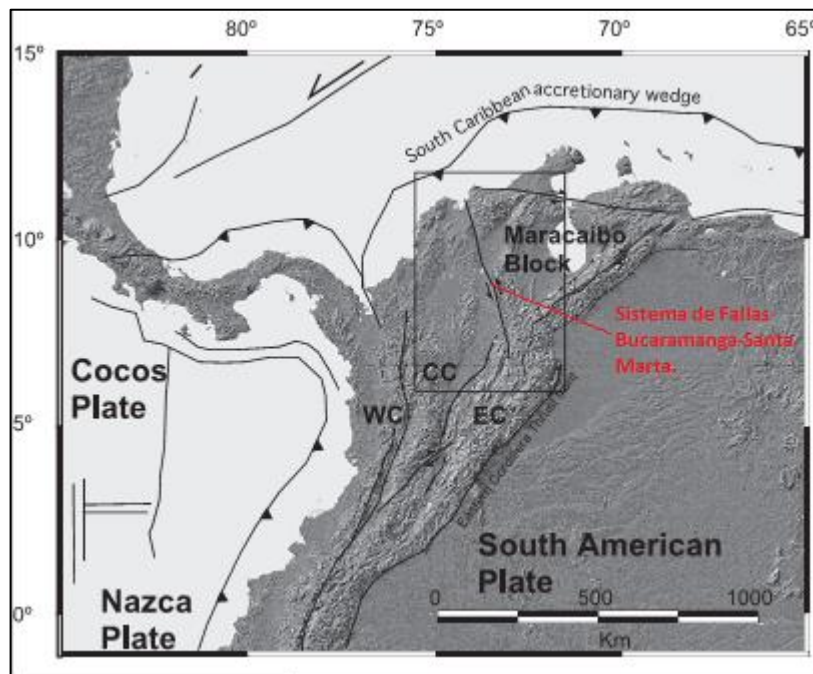
**Fuente:** Ward et al. (1977). Modificado por el autor.

## 6. ANTECEDENTES

### 6.1 GEOLOGÍA REGIONAL

El margen norte de Suramérica es caracterizado por presentar cadenas montañosas producto de la interacción de las placas de Nazca y Suramérica en su convergencia (6 cm/año; Jiménez G., 2014) al límite oeste del continente. Los Andes del norte se dividen en 3 cordilleras Occidental, Central y Oriental. El área de estudio se ubica dentro del Supraterreno Cretácico (Etayo F., et al., 1983) en la Cordillera Oriental, aunque no está incluido dentro del terreno se encuentra sobre este. Este Supraterreno en su parte noreste es limitado por el sistema de fallas Bucaramanga-Santa Marta (ver Figura 5) que tiene una extensión aproximada de 550 km (Jiménez G., 2014) desde la Costa Caribe hasta la Cordillera Oriental donde atraviesa la ciudad de Bucaramanga; poniendo en contacto rocas Triásico-Jurásicas, paleozoicas y Precámbricas entre otros cuerpos pertenecientes al complejo Igneo-metamórfico de Santander, con rocas del Triásico-Jurásico, Cretácicas y con depósitos Cuaternarios al oeste del trazo de la falla.

**Figura 5.** El sistema de fallas Bucaramanga-Santa Marta, incluido dentro del marco tectónico regional, al norte de Suramérica.



**Fuente.** Jiménez G., 2014. Modificado por el autor.

El graben de Bucaramanga se encuentra enmarcado por una serie de estructuras tectónicas que definen la zona, y a su vez pone en contacto rocas del Macizo de Santander al oriente con los depósitos no consolidados de la Meseta de Bucaramanga en el centro. A estos cuerpos no consolidados se les atribuye una edad Plio-Pleistoceno (Jiménez G., 2014). Hacia el sector occidental del área de estudio se ubica la Meseta de Lebrija y hacia el sur la Mesa de Ruitoque, que corresponden a bloques levantados; indicando que el área de estudio se encuentra sobre una depresión tectónica como ha sido considerado por algunos autores (Niño y Vargas, 1993).

El Área Metropolitana de Bucaramanga está conformada por tres bloques tectónicos principales (ver Figura 6) limitados por dos grandes sistemas de fallamiento; al occidente por el sistema de fallas del Suárez y al oriente por el de Bucaramanga-Santa Marta, (Ingeominas, 2005).

**6.1.1 Bloque Occidental.** El Bloque Occidental presenta una morfología de escarpes bruscos, colinas y cerros aislados, hacia la parte noroccidental afloran rocas Triásicas de la Formación Bocas y el resto del área afloran rocas Jurásicas de la Formación Girón, conformando el cerro de Palonegro (Ingeominas, 2005).

La Formación Bocas está constituida por limolitas calcáreas, de grano fino, de colores gris verdoso y pardo rojizo, ocasionalmente en capas de 1m de espesor. También contiene limolitas grises verdosas, calcáreas, delgadas, con nódulos calcáreos grises de 4 mm de diámetro, conglomerados con cantos redondeados, calizas grises y cuarzo en una matriz arenosa calcárea. El espesor de esta unidad es de aproximadamente 590 m. Esta formación infrayace a la formación Jordán en contacto transicional. Por criterios estratigráficos le asignan una edad Triásica. (Ward et al., 1973).

La Formación Girón fue dividida en 7 facies litológicas que en general están constituidas por capas rojas de areniscas de grano grueso, con intercalaciones de areniscas conglomeráticas y capas rojas interestratificadas con limolita y arcillolita, en estratos hasta de 1m de espesor, areniscas de grano grueso, conglomeráticas, grises claras, con estratificación cruzada y areniscas rojizas, de grano medio a grueso. Las capas conglomeráticas contienen guijos de cuarzo y calizas hasta de 4 cm de diámetro. En su sección tipo midió 4650 m, (Cediél, 1968; en, Ingeominas, 2005). Ward et al., (1973) le asigna una edad Jurásica a esta unidad.

**6.1.2 Bloque Central.** El Bloque Central corresponde a un bloque hundido, el cual fue rellenado por depósitos aluviales recientes dentro de los que están el depósito del Cuaternario de Bucaramanga, que constituye la Formación Bucaramanga, con un espesor aproximado de 290 m; y los abanicos sobre los cuales se ubican las cabeceras municipales de Floridablanca y Piedecuesta. También se encuentran flujos de escombros provenientes principalmente del Bloque Oriental, terrazas aluviales altas, medias y bajas, llanuras aluviales asociadas principalmente a los ríos De Oro y Frío (Ingeominas, 2005).

La Formación Bucaramanga está constituida de base a techo por los miembros Órganos, Finos, Gravoso y Limos Rojos.

El Miembro Órganos corresponde a una serie monótona de niveles polimícticos de fragmentos gruesos, de aspecto conglomerático, con alternancia de capas y lentes limo arenosos, con variaciones laterales y verticales en composición y textura, (Bueno y Solarte, 1994). Hubach (1952; en Ingeominas, 2005) describe niveles lenticulares limoarenosos, con espesores de hasta 5 m. Es la unidad más potente de la Formación Bucaramanga, estimándose que su espesor podría superar los 180 m.

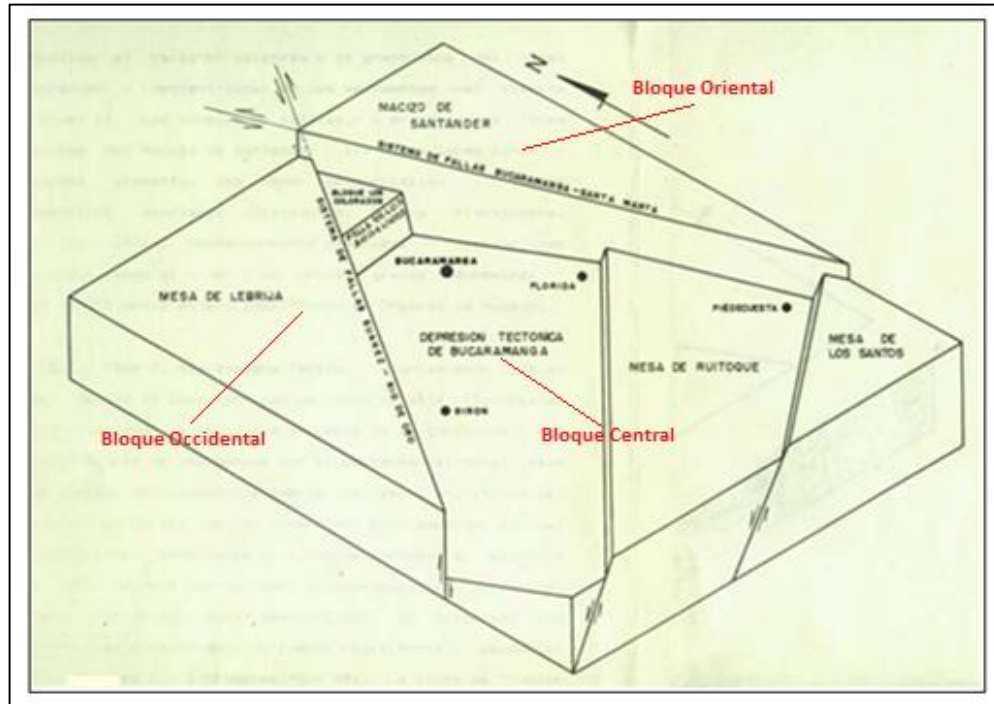
El Miembro Finos puede dividirse en 2 conjuntos, uno arcilloso localizado hacia la base que puede medir hasta 9 m y otro arenoso localizado al techo y que se pone en contacto con el suprayacente Miembro Gravoso, (Ingeominas, 2005).

El Miembro Gravoso corresponde a un nivel principalmente conglomerático, con cantos en promedio de 15 cm de diámetro y pueden llegar hasta 0,8 m. En general el depósito es matriz-soportado aunque localmente puede ser clasto-soportado. Su espesor varía entre 8 y 30 m, se encuentra en contacto con el suprayacente Miembro Limos Rojos (Ingeominas, 2005).

El Miembro Limos Rojos está constituido por arenas arcillosas gravosas y limos de colores rojizos, amarillentos y naranjas. Se observó la presencia esporádica de bloques angulares de arenisca asociados superficialmente a este miembro; estos cantos pueden estar embebidos dentro de limos rojos y se caracterizan por estar meteorizados (Ingeominas, 2005).

A la Formación Bucaramanga se le asigna una edad Plio-Pleistoceno (Jiménez G., 2014).

**Figura 6.** Diagrama de los bloques tectónicos de la Meseta de Bucaramanga.



**Fuente.** Niño y Vargas, 1993. Modificado por el autor.

**6.1.3 Bloque Oriental.** El Bloque Oriental está constituido por rocas ígneo-metamórficas, con edades que van desde el Precámbrico hasta el Jurásico. Las unidades litoestratigráficas más antiguas de origen ígneo-metamórfico tipo neis, esquisto, migmatita, filitas y cuarcitas son agrupadas dentro del Complejo Bucaramanga de edad Precámbrico y la Fm silgará del Paleozoico. Las anteriores unidades, junto con stocks de composición ácida de edad Jurásico y Triásico, aflora en el bloque montañoso ubicado al nororiente del sistema de fallas Bucaramanga-Santa Marta, conformando una gran cordillera conocida con el nombre de Macizo de Santander. Hacia la parte noroccidental del graben, afloran rocas de las formaciones Diamante y Tiburón, que se describen más adelante (Figura 6).

El Complejo Bucaramanga consta de rocas metamórficas de alto grado, con fábrica orientada y textura gruesa a media. Está compuesta principalmente de neis semipelítico, neis hornbléndico, anfibólita y esquisto, incluyendo también zonas de migmatitas (Ward et al., 1973), siendo posible la existencia de rocas cataclásticas cerca a los planos de las fallas principales. Se encuentran dos tipos de neis: Uno de color blanco a rosado, constituido esencialmente por plagioclasa, cuarzo y feldespato potásico (Chaparro y Guerrero 1991; en Ingeominas, 2005). Debido a su aspecto masivo y a la ausencia de estratificación, Ward et al. (1973), sugiere un origen ígneo intrusivo primario y lo clasifican como Ortoneis; el otro es un

paraneis, de color gris verdoso y alternancia de bandas máficas, principalmente anfibólicas y bandas félsicas cuarzo-feldespáticas (Ingeominas, 2005). El Complejo Bucaramanga se presenta intruído por una serie de cuerpos intrusivos denominados Grupo Plutónico de Santander. Igualmente en cercanías de la planta de tratamiento del acueducto en el Río Suratá, el neis se encuentra intruído por cuarzomonzonita, granito y pórfido cuarzoso. Ward et al. (1973), le ha asignado al Complejo Bucaramanga una edad de 940 a 945 Ma, debido a que puede reflejar el ciclo de orogenia del Precámbrico (Ingeominas, 2005).

La Formación Silgará corresponde a una secuencia de rocas clásticas metamorfoseadas de estratificación delgada, compuesta por filitas, cuarcitas, esquistos, meta-areniscas y menores cantidades de pizarra y filita calcárea (Royero y Clavijo, 2001). A esta unidad le han asignado una edad tentativa del Cámbrico al Ordovícico (Ward et al. 1973).

La Formación Diamante es una secuencia sedimentaria compuesta por tres miembros principales (González et al., 1994; en Ingeominas, 2005). El miembro inferior está constituido por areniscas lodosas de grano muy fino a muy grueso, de variados colores (morado, gris crema, verde, pardo rojizo, blanco y marrón), intercaladas con lodolitas y principalmente arcillolitas moradas, pardo rojizas y verdes. El miembro medio está conformado por lodolitas, areniscas de grano muy fino, verdes, pardas y grises, intercalaciones de rocas carbonatadas de color gris y pardo. El miembro superior está representado en su totalidad por calizas duras, masivas, cristalinas de grano fino a medio, ligeramente arcillosas y fosilíferas, en especial biomicrofitas y bioesparitas y en menor proporción micritas a micritas fosilíferas, grises claras. A esta unidad se le atribuye una edad del Pérmico, (Ingeominas, 2005).

La Cuarzomonzonita-granito y Pórfido Cuarzoso definida por Ward et al. (1973), corresponde a cuerpos ígneos de grano grueso, inequigranular, rosado, naranja y gris violáceo, con textura hipidiomórfica. En inmediaciones de la quebrada La Flora, está compuesta por feldespato potásico, rosado, naranja a rojo grisáceo, plagioclasa blanca, cuarzo gris y en menor proporción biotita. Mediciones radiométricas (K/Ar) en biotita y moscovita de estas rocas intrusivas han dado una edad Jurásica. (Ward et al., 1973). Estos cuerpos ígneos pueden llegar a estar conformados por cuarzomonzonita gris, de grano fino a medio, equigranular, textura sacaroide y biotita diseminada uniformemente con variaciones a granito, granitoide, pórfido cuarzoso y diorita, (Ingeominas, 2005).

La Formación Tiburón presenta brechas muy compactas, intercaladas con calizas grises claras, grano fino a medio, tipo micrita. También se observan limolitas grises a grises oscuras, calcáreas, y niveles de areniscas de grano fino, de color gris rojizo. El espesor total de la formación, según Gómez (1993; en Ingeominas, 2005), es de 350 m. Ward et al. (1973), afirma que este puede alcanzar entre 450 a 500 m. La edad de la formación Tiburón es dada por Ward et al. (1973) y está comprendida entre el Carbonífero superior al Pérmico medio y Triásico.

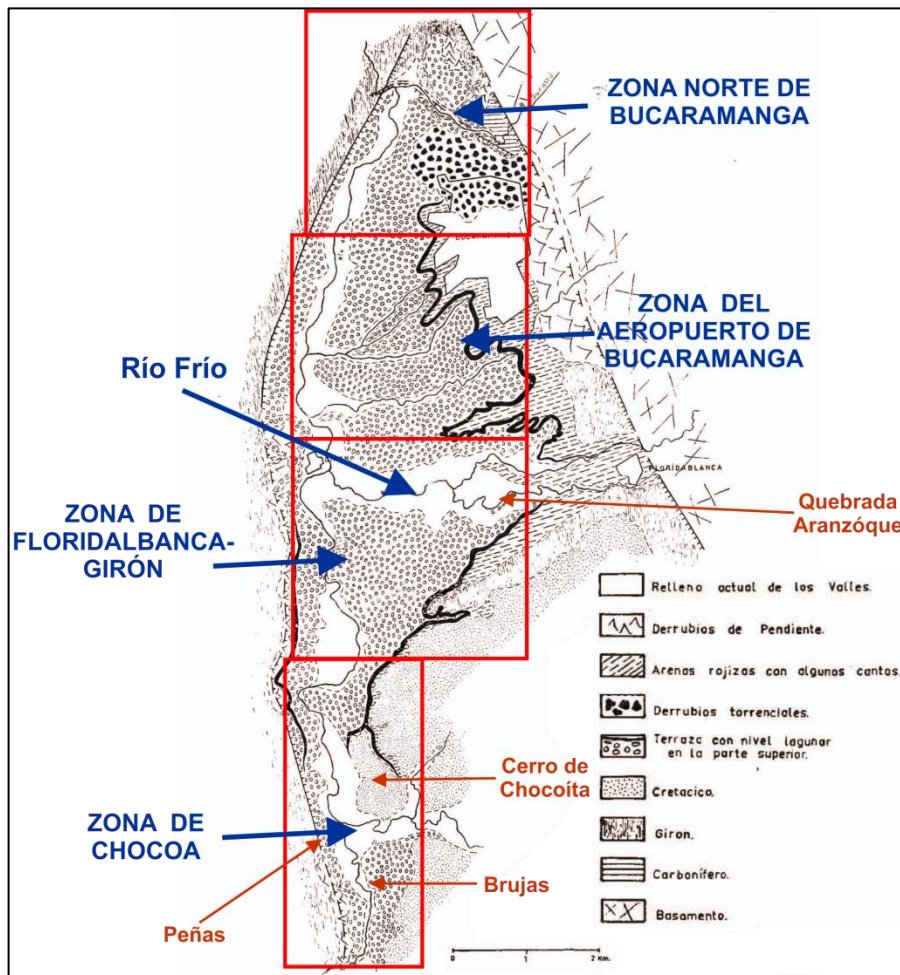
La Formación Jordán se clasifica en 2 facies, la Facies Superior que consta de limolita de color marrón rojizo y arenisca de grano muy fino, bien estratificada, en capas de 30 a 80 cm de espesor. Con un espesor aproximado de 200 m. La facies Inferior consiste principalmente de arenisca de grano grueso, gris verdosa, en capas hasta de 1 m de espesor y algunas capas de shale gris verdoso, hasta de 2 m de espesor, algunas capas gruesas con estratificación cruzada contienen niveles conglomeráticas con guijos hasta de 2 cm de diámetro, (Ingeominas, 2005). Con base en relaciones estratigráficas se le asigna una edad Jurásico inferior (Ward et al., 1973).

## **6.2 GEOLOGIA LOCAL**

El Abanico de Río Frío, como ha sido denominado por Vargas (1993), se encuentra localizado al sur de Meseta de Bucaramanga, trabajo en el cual no se define la razón de por qué se le atribuye este nombre y es separado del Abanico de Bucaramanga. Más tarde en el informe de Ingeominas (2001) se plantea la hipótesis desde el punto de vista geomorfológico de que al sur del Río Frío se tiene un abanico aluvial que pudo ser depositado por este río y por lo tanto no correspondería al mismo Abanico de Bucaramanga.

**6.2.1 Estratigrafía local.** De sur a norte Porta (1959) divide la Terraza de Bucaramanga en 4 zonas: la zona de Chocóa, zona del aeropuerto, zona norte de Bucaramanga y la zona de Floridablanca-Girón (Figura 7).

**Figura 7.** Mapa de zonas, en la división de la Terraza de Bucaramanga, por Porta (1959).



**Fuente.** Porta, 1959.

- **Zona de Chocóa.**

Esta zona es la parte más sur de la terraza, la principal vía de acceso es la carretera que comunica a los municipios de Girón y Zapatoca. Lo amplio del valle de Chocóa la posición de los cuerpos sedimentarios en esta zona y los materiales se extienden todavía más al sur, son bien redondeados para que hayan sido depositados por la quebrada La Cacha y Las Vigas presentes en la zona. Todos los materiales de la terraza son principalmente conglomerados muy poco cementados, en esta zona solo se tienen el nivel de conglomerados, y sobre este un nivel de derrubios de pendiente formados por una mezcla de arcillas y bloques angulosos procedentes de la Formación Girón (Porta, 1959).

Al norte de Chocóa cerca del sector conocido como Brujas empiezan a observarse algunos niveles arenosos, menos gravosos, principalmente en la parte superior de la terraza; que se acentúa de manera progresiva hacia el norte. Más hacia el norte en sector de Peñas aparece en la parte superior el nivel de arcillitas y que a partir de aquí se sigue ininterrumpidamente hasta Bucaramanga, constituyendo un buen nivel guía. Su espesor también aumenta en esta dirección, (Porta, 1959).

En las Peñas se tiene la siguiente serie:

- ❖ Derrubios de pendiente: 1 m
- ❖ Arcilla algo arenosa: 2 m
- ❖ Arenas cuarzosas ligeramente cementadas: 3 m
- ❖ Conglomerado basal (potencia visible): 0,5 m

Al este del cerro de Chocóíta, formado por areniscas Cretácicas, el nivel de arcillitas se presenta con una potencia de 3 a 5 m y los materiales en conjunto son ligeramente más finos (Porta, 1959).

#### • **Zona Floridablanca-Girón.**

Ésta zona corresponde a la parte más angosta de la terraza, por lo tanto se observan variaciones estratigráficas con el resto del depósito influenciadas por los aportes de los relieves próximos (Porta, 1959). En esta zona se observa los aportes Cretácicos y de la Formación Girón muy marcados, presentando una coloración rojiza propia de esta última formación. Esta zona contiene un nivel inferior conglomerático, que aumenta en su espesor hacia Girón. Arriba de este se tiene un nivel de arcillolitas que disminuye en su espesor hacia Girón (Porta, 1959).

Un corte por la quebrada Aranzóque presenta los siguientes niveles:

- ❖ Suelo amarillo parduzco: 1 m
- ❖ Arcillas amarillentas con parches rojizos: 3 m
- ❖ Arenas blanca amarillenta con algunos cantos de cuarzo: 4 m
- ❖ Arcillas rojas algo arenosas: 1 m
- ❖ Conglomerado (potencia visible): 2 m

Vargas (1993) describe la estratigrafía de la zona, dadas las similitudes, pero sobre todo diferencias que se puedan dar en las formaciones ya descritas, se vuelven a tener en cuenta en este apartado.

#### • **Formación Girón.**

Descrita anteriormente, aflora en los sectores de Bahondo al suroeste y el Barrio La Paz, está formada por areniscas conglomeráticas, areniscas con guijos de cuarzo lechoso, color rojo violeta y limolitas rojas ligeramente micáceas intercaladas con arcillolitas en bancos de 0.5 a 1 m de espesor, (Vargas, 1993).

- **Formación Bucaramanga.**

Estos sedimentos están relacionados al sistema de abanicos aluviales de los ríos Suratá y De Oro y los segmentos de esta formación en esta zona corresponden a la parte distal del abanico del Río Suratá y los flujos de lodo procedentes del Macizo de Santander (Vargas, 1993).

El Miembro Órganos, compuesto principalmente por gravas grano-soportadas y matriz-soportadas de esfericidad media. Aflora al norte y al sur del valle del río Frío. El contacto con la infrayacente Formación Girón es erosivo (Vargas, 1993).

Lima y Medina (2015), proponen dos grandes ambientes de depositación para el Miembro Órganos dominados por procesos aluviales y de transporte fluvial. Además dentro de regímenes paleo-climáticos distinguen dos macro-eventos cíclicos al momento de la depositación del sedimento, que son: a) Precipitaciones moderadas no estacionales que generaban fluctuaciones del nivel freático, y b) precipitaciones torrenciales estacionales que permitieron procesos tipo flujos de escombros.

Vargas (1993) no reporta la presencia del Miembro Finos en este sector.

El Miembro Gravoso, Vargas (1993) lo divide en dos niveles, el nivel de guijos de arenisca que está conformado por gravas areno lodosas y lodo arenosas, guijos subredondeados, angulares en una matriz arcillosa. Aflora al noreste de la zona y se puede observar en la autopista Floridablanca-Bucaramanga. Su contacto con la infrayacente unidad es erosivo y marcado por superficies erosivas. El otro nivel perteneciente al Miembro Gravoso es el de guijos de composición ígneo-metamórfica, presenta una coloración moteada y presenta una pátina de óxidos arcillosos que forma una costra sobre las superficies expuestas. Alcanza un espesor hasta de 7 m y aflora al sureste de la zona (Vargas, 1993).

El Miembro Limos Rojos según Vargas (1993), conforma suelos residuales arcillo-arenosos y su potencia es más reducida por lo cual no lo separa del miembro inmediatamente inferior. Se continúa hacia el sur, hasta el sector norte del municipio de Floridablanca (Ingeominas, 2005).

- **Terrazas aluviales altas.**

Conformadas por guijos y gravas en una matriz areno-arcillosa, los guijos presentan imbricación y es claro su carácter aluvial; presentan variaciones laterales marcadas y afloran sobre paleosuelos o paleopendientes del miembro Órganos rellenando las depresiones dejadas por antiguas cañadas, alcanzan espesores hasta de 10 m y se localizan principalmente en las partes altas de la cuenca del Río Frío (Vargas, 1993).

- **Terrazas bajas.**

Estos depósitos marcan los niveles máximos de inundación alcanzados por las corrientes actuales, la secuencia es grano-decreciente, la composición de los

guijos y gravas es predominantemente de areniscas silíceas blancas, rojas y violetas; también representan niveles arenosos con estratificación cruzada, (Vargas, 1993).

Estudios más recientes realizados en los alrededores del municipio de Floridablanca, como el realizado por Quintero y Mora (2006), en su estudio estructural y cartográfico de la parte alta de la cuenca del Río Frío y las descripciones realizadas por Ingeominas (2005) (ahora Servicio Geológico Colombiano), describen algunos niveles y depósitos presentes en la zona.

- **Depósitos de flujos de escombros.**

Se presentan sobre el piedemonte oriental del Área Metropolitana, entre el casco urbano de Floridablanca y Piedecuesta, constituidos principalmente por fragmentos de rocas ígneas (granodiorita y diorita) y metamórficas (neises, anfibolitas y esquistos) provenientes del Macizo de Santander, tamaño grava y bloque en matriz areno-limosa. Depositados probablemente durante episodios torrenciales violentos. Se pueden encontrar bloques de hasta 1 m de diámetro. Estos depósitos se encuentran principalmente sobre las Formaciones Girón, Jordán y Silgará, su espesor aproximado es de 10 a 15m (Ingeominas, 2005). Estos depósitos forman abanicos y conos de deyección (Quintero Y Mora, 2006).

- **Depósitos Aluviales.**

- ❖ **Depósitos Aluviales de Terrazas Altas y Medias.**

sobre la margen izquierda de la Quebrada La Estancia, afluente del Río Frío, al occidente de Floridablanca, conforma un nivel de terraza medio, compuesto por fragmentos angulares a subangulares, de 20 cm promedio de diámetro, clasto-soportado, con coloración blanca, en matriz de arena cuarzo feldespática, provenientes del Macizo de Santander. En estos depósitos se aprecia que hay predominio de rocas de neis cuarzo feldespático-micáceo, y que los clastos se encuentran en estado de meteorización alto a moderado (Ingeominas, 2005).

- ❖ **Depósitos Aluviales de Terrazas Bajas.**

Se observan en las márgenes de los ríos De Oro y Frío; estos depósitos corresponden a los niveles máximos de inundación alcanzados por las crecientes extraordinarias actuales. Presenta cantos subredondeados a redondeados de areniscas cuarzosas blancas, amarillentas y resistentes, guijos ígneo-metamórficos, algunas areniscas violáceas y fragmentos de cuarzo lechoso con una disposición no uniforme y esporádicos lentes arenosos. Se presenta como un depósito alargado en el municipio de Floridablanca (Quintero y Mora, 2006), se distribuye aguas abajo por el Río Frío y la Quebrada La Estancia, hasta muy cerca de la confluencia con el Río De Oro. En este sector se presenta compuesto por gravas arenosas, angulares a subangulares, con algunos bloques de roca de hasta 1 m de diámetro, de neises y cuarzomonzonitas, provenientes del macizo de

Santander, corresponde a flujos torrenciales y flujos de escombros, transportados a lo largo del Río Frío (Ingeominas, 2005).

#### ❖ **Depósitos Aluviales de Cauce y Llanura de Inundación.**

Sus principales depósitos se localizan en los valles y llanuras de inundación de los ríos De Oro, Suratá, Del Hato y Frío, corresponden a depósitos que socaban el abanico conformado por la Formación Bucaramanga. Son depósitos compuestos por fragmentos de granulometría muy variable; en general contienen cantos de areniscas silíceas, areniscas conglomeráticas, conglomerados, cuarcitas y lodolitas, como también granito, granodiorita, diorita, gabro, neis y esquisto, en una matriz areno lodosa. El tamaño de los cantos varía desde unos pocos centímetros hasta 1 m, con predominio del diámetro de 50 cm, de forma subredondeada a redondeada y baja esfericidad (Ingeominas, 2005).

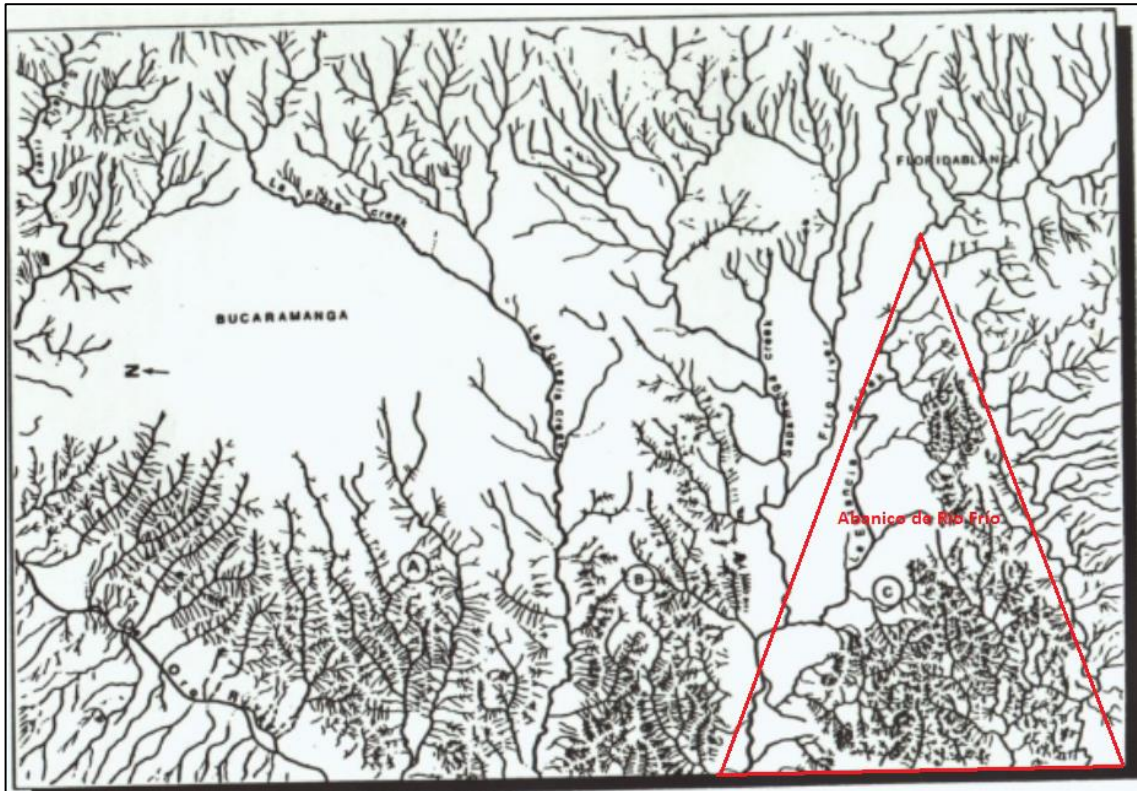
### **6.3 GEOMORFOLOGÍA**

La geoforma más relevante en la zona de estudio es el gran abanico aluvial mayor que cubre diferentes niveles de terrazas formadas por los ríos Suratá, Frío, y De Oro, donde la ciudad de Bucaramanga fue construida, (Ingeominas, 2001).

Hay una evidencia geomorfológica de la depositación de tres abanicos aluviales mayores de diferentes edades, un abanico joven, otro intermedio y uno más antiguo hacia el sur, que se cree fue depositado por el Río Frío y desplazado posteriormente por el sistema de fallas Bucaramanga-Santa Marta. Esto se evidencia por el relativo desarrollo de perfiles del suelo, que confirma las diferentes edades de cada uno y la hipótesis de un posible vasculamiento en el norte que ha favorecido una mayor depositación en el abanico más joven. Los diferentes patrones de drenaje, son también evidencia de la presencia de 3 abanicos (Ingeominas, 2001).

En el área de estudio se tiene el abanico más antiguo, que presenta un patrón de drenaje subdendrítico (Figura 8) con perfiles de suelo más desarrollados y presentan algunas geoformas aluviales como lo son: depósitos de abanicos torrenciales menores, algunos de ellos se encuentran traslapados, planicies de inundación a lo largo del Río Frío que presenta un valle de canal amplio y recto, algunos valles más estrechos de cauces menores y cimas y colinas tectónicas que corresponden a una ventana geológica de rocas Jurásicas de las formaciones Girón y Jordán, donde las pendientes convexas y redondeada son dominantes, como la que se observa en el barrio Cañaverl (Ingeominas, 2001).

**Figura 8.** Zona del abanico más antiguo de la Meseta de Bucaramanga. El área en el triángulo corresponde al Abanico de Río Frío definido por Vargas (1993) e Ingeominas (2001).



**Fuente.** Ingeominas, 2001.

## 6.4 MARCO TECTÓNICO

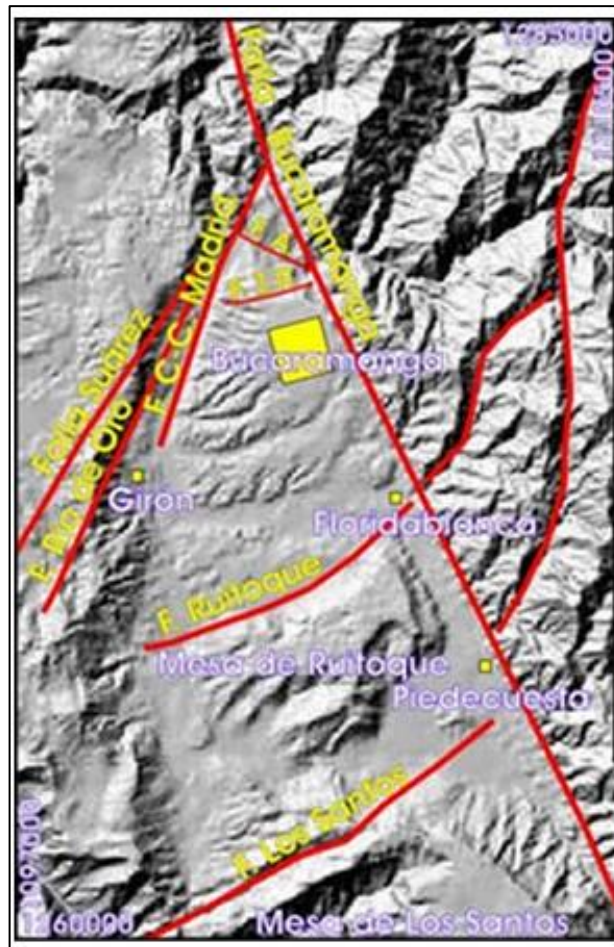
El sistema de fallas de Bucaramanga-Santa Marta es el principal rasgo estructural que afecta la zona de estudio, el cual es producto del ambiente tectónico compresivo regional que resulta del choque entre las placas del Caribe y Suramérica. Específicamente el área de estudio (Figura 9) está enmarcada al oriente por el Macizo de Santander que lo separa del Abanico de Bucaramanga el sistema de fallas de Bucaramanga-Santa Marta, que corresponde al rasgo estructural más evidente y de gran extensión que cruza el sector centro oriental del departamento de Santander, con dirección aproximada  $N20^{\circ}W$ , presenta una velocidad en su desplazamiento vertical de 3 mm/año (Jiménez G., et al., 2014). Es considerado un sistema de fallas de rumbo, con movimiento sinistral y un componente vertical importante. La historia geológica de la falla Bucaramanga-Santa Marta es compleja, pero se estima que la edad máxima de su actividad tectónica es posterior al neis de Bucaramanga (Quintero y Mora, 2006), se reactivó en el Aptiano-Albiano (Jiménez G. et al. 2014), finalizando su actividad

después del Oligoceno (Mora y García en Jiménez G., et al., 2014). Quintero y Mora (2006) plantean que la mayor actividad de la falla es el desplazamiento de rumbo sinistral que ocurre a partir del Mioceno superior, al tiempo con la orogenia andina.

La Falla del Rio De Oro, que pertenece al sistema de fallas del Suarez, es una falla inversa, con dirección aproximada de N50°E, y presenta un componente lateral sinistral (Ingeominas, 2005).

La Falla de Ruitoque es otra estructura importante que se presenta en el área de estudio (Ingeominas, 2001) aparece bordeando la Mesa de Ruitoque en dirección aproximada N70°E, corta el área de trabajo en el sector de la intersección del Anillo Vial que conduce a Girón y la autopista que conduce a Bucaramanga.

**Figura 9.** Marco tectónico del área de estudio.



**Fuente.** Ingeominas, 2005.

## **7. METODOLOGÍA**

La metodología utilizada para la realización del proyecto, se basó en unas fases de trabajo; con el objetivo principal de estructurar y definir unos pasos que permitieran el desarrollo coherente y ordenado del estudio. Estas fases se describen a continuación:

### **7.1 Fase 1: Recopilación Bibliográfica**

Esta fase corresponde a la consulta y selección de material bibliográfico, tesis de grado y mapas, así como la consulta con profesionales de experiencia en el tema.

### **7.2 Fase 2: Reconocimiento de la zona de campo**

Esta fase corresponde al reconocimiento de la zona de estudio, identificación de vías de acceso, reconocimiento de posibles afloramientos y puntos de trabajo (En compañía del director del proyecto).

### **7.3 Fase 3: Trabajo de campo**

Esta fase consiste en el recorrido de campo a través de toda la zona, se realizaron 45 estaciones, ubicadas por medio de GPS Garmin, en coordenadas geográficas WGS 84, toma de fotografías y levantamiento de columnas en formatos de campo. El trabajo de campo fue consignado en libreta de campo, en el siguiente orden: identificación de niveles y cambios faciales tanto horizontales como verticales, análisis en cada uno de los niveles: textura, fábrica, forma y espesor; estructuras sedimentarias y conteos de clastos.

El conteo de clastos, se desarrolló en distintas localidades pertenecientes al área de estudio, sobre los niveles gravosos o con contenido de gravas. El procedimiento consistió en seleccionar un área de 1m por 1m y se distribuye una red de puntos cada 10 cm para completar un coteo de 100 clastos por cada estación. Las categorías de clasificación de los clastos dependen del tipo de clastos en la unidad, (Caballero, 2010).

## **7.4 Fase 4: Tratamiento de la información recolectada**

Esta fase consisten en la organización de la información contenida en la libreta de campo y los formatos, inicialmente se transforman las coordenadas de geográficas a planas para mayor facilidad en la ubicación de los puntos y datos en el mapa; con ayuda de softwares como ArcGis, Global Mapper y Magna Sirgas Pro entre otros.

**7.4.1 Digitalización de las columnas estratigráficas.** Empleando el programa Corel Draw, se elaboraron las 6 Columnas estratigráficas, levantadas en la fase de campo, consignando las descripciones sedimentológicas para cada una. Posterior a esto se elaboró la columna generalizada del área, tomando como referencia el punto más bajo y el más alto en la topografía y; que las columnas fusionadas estuvieran lo más cerca posible unas de otras. Se fusionaron las columnas 1, 2, 5 y 6.

**7.4.2 Distribución en el tiempo de la composición de clastos.** Con base en las descripciones petrográficas, realizadas en el laboratorio de Microscopía de la universidad, y su comparación con los trabajos realizados en la zona por Ward et al. (1973) y Royero y Clavijo (2001). Se elaboraron grupos de los clastos recolectados que indicaran la posible unidad fuente del sedimento y la posible área de proveniencia. Posteriormente se graficaron los conteos de clastos para cada columna y se asignaron a cada una, de tal manera que mostrara la variación composicional en la vertical. También se asignó a la columna generalizada un gráfico de distribución de la composición en la vertical.

## **7.5 Fase 5: Trabajo de laboratorio**

**7.5.1 Petrografía de Gravas.** El tratamiento de los clastos recolectados inicia con la elaboración de 18 láminas delgadas, para los clastos indicadores de proveniencia. Estas se realizaron en el laboratorio de preparación de muestras geológicas de la universidad. Posteriormente se hicieron las descripciones petrográficas para cada una de las láminas, utilizando el microscopio de luz transmitida (Nikon Eclipse 50i Pol) de la universidad y las descripciones en muestra de mano para las 37 muestras totales del depósito. Las descripciones petrográficas se hicieron siguiendo los parámetros de los manuales de prácticas de laboratorio de García (1997), García (2007) y Castro (1989), para rocas Igneas, Metamórficas y Sedimentarias Terrígenas.

## **7.6 Fase 6: elaboración del informe final**

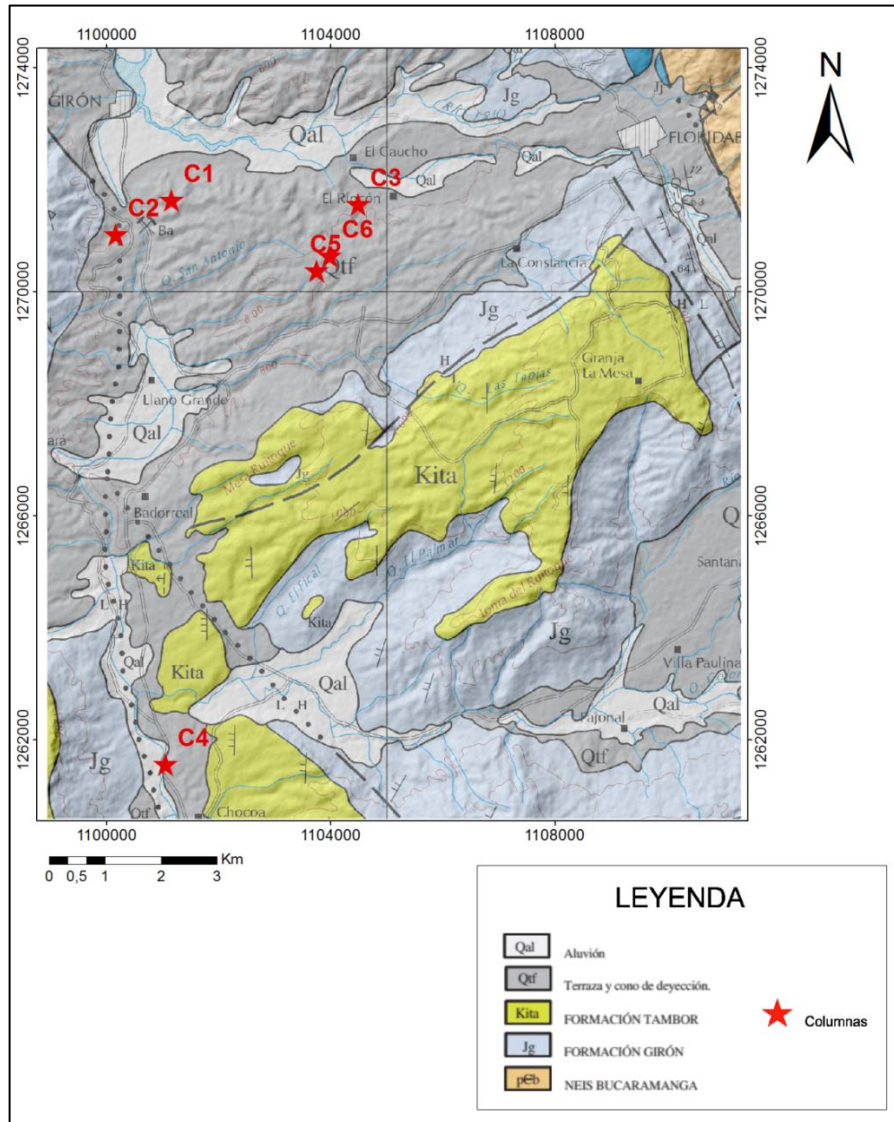
Esta fase consiste en la elaboración de un informe técnico, en el cual se presentan los resultados obtenidos en las diferentes fases de la metodología empleada, detalladas cada una; junto con los resultados, sus análisis y las discusiones que conlleva la realización del estudio, en su aporte a la geología de Bucaramanga y sus alrededores.

## 8. RESULTADOS

### 8.1 LEVANTAMIENTO ESTRATIGRÁFICO

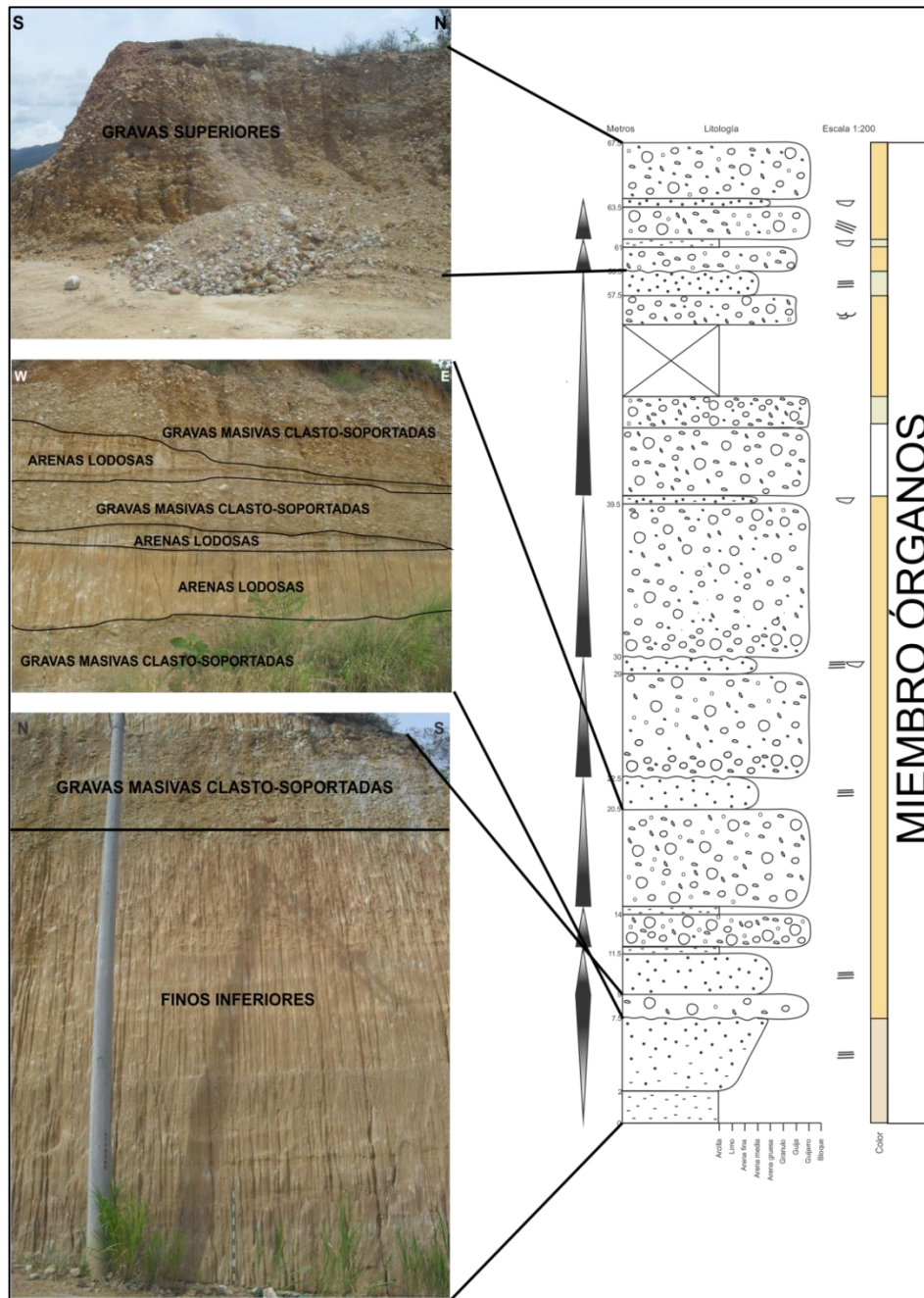
A partir de 6 columnas estratigráficas levantadas en el área de estudio, se realizaron las descripciones sedimentológicas y texturales del depósito. La descripción completa de cada columna se presenta en los anexos A, B, C, D, E y F (Figura. 10).

**Figura 10.** Ubicación de los sitios donde se levantaron las columnas estratigráficas. Se realizaron 6 columnas.



**8.1.1 Columna 1.** Levantada en el Barrio Mirador de Arenales (Girón), consta de intercalaciones de arenas lodosas, limos arcillosos y arcillas limosas, de colores pardo y pardo rojizo; con gravas matriz-soportadas y clasto-soportadas de color pardo (Figura 11). En toda la sección prima el contenido de gravas sobre los finos cuyas capas son más gruesas y más abundantes a excepción de la base donde se tiene un dominio de finos de 7.5 m. Las gravas presentan matriz areno-lodosa, son en su mayoría tamaño guijarros de 8 a 10 cm de diámetro, redondeadas a bien redondeadas, masivas en su mayoría a excepción de algunas con estratificación cruzada en artesa y estratificación cruzada plana que se encuentran hacia la parte superior. Las arenas son de tamaño variable de arena fina a gruesa, algunas capas ligeramente gravosas con contenido de moscovita es su mayoría y algunas con formas lenticulares y estratificación plana horizontal (Figura 11). El contenido de limos y arcillas varia haciéndose más arcillosos a la base, donde también aumenta el contenido de moscovita; principalmente muestran estructura masiva aunque algunas capas de limos presentan estratificación plana horizontal. La sección midió 67.5 m (ver Anexo A).

**Figura 11.** Fotografías ubicadas dentro de la columna 1.

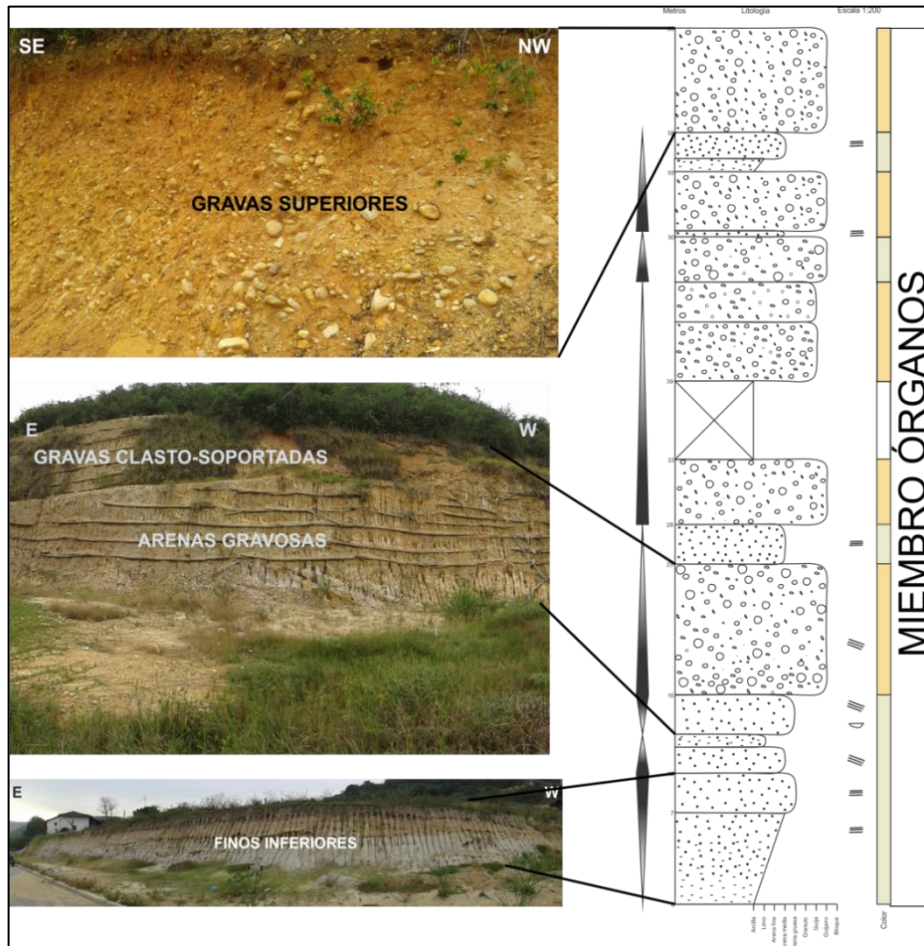


**8.1.2 Columna 2.** Levantada en zona rural del barrio Bahondo (Girón), consta de intercalaciones de arenas lodosas, limos arcillosos y arcillas limosas de color pardo rojizo con gravas principalmente clasto-soportadas con alguna capa matriz-soportada en la parte superior de la sección, de color pardo claro. En toda la sección prima el contenido de finos sobre las gravas, que se restringen a la parte superior e inferior (Figura 12). Los finos corresponden a arenas de tamaño variable algunas ligeramente gravosas, en su mayoría lodosas, moscovíticas y algunos lentes gris amarillentos, presentan estratificación cruzada en artesa, cruzada plana; limos arcillosos (que pueden presentar estratificación plana horizontal) y arcillas limo-arenosas masivas (Figura 12). Estos finos conforman la mayoría del depósito. Las gravas presentan matriz areno-lodosa; son en su mayoría tamaño guijarros de 8 a 10 cm, aunque en la parte superior se tienen gravas que en promedio son guijarros de 10 a 12 cm, redondeados a bien redondeados, masivas en su parte superior y con estratificación plana horizontal, cruzada en artesa y cruzada plana en las inferiores. La sección midió 68.5 m (ver Anexo B).



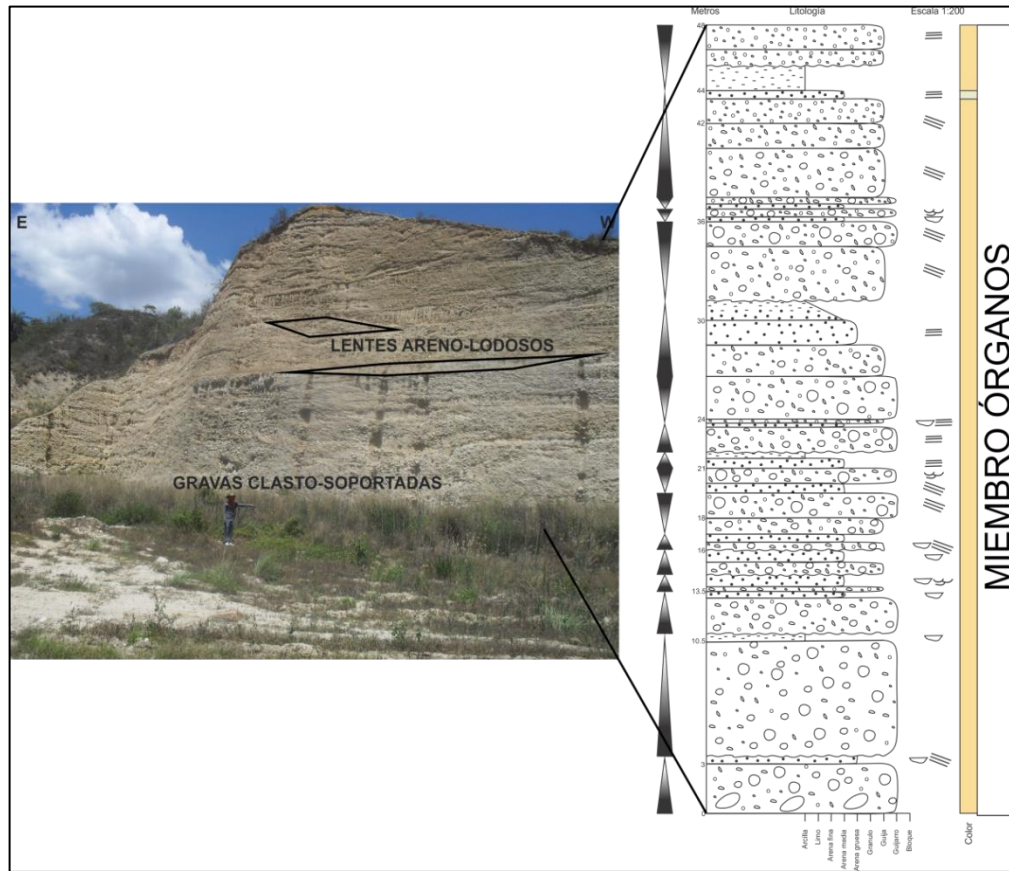
**8.1.3 Columna 3.** Levantada en la vereda Río Frío (Floridablanca), consta de intercalaciones de arenas lodosas y limos arcillosos de color gris amarillento con gravas clasto-soportadas de color pardo (Figura 13). En toda la sección prima el contenido de gravas sobre los finos a excepción de la parte inferior donde se tiene un segmento de 16 m de intercalaciones de estas. Las gravas, presentan matriz areno-lodosa, son en su mayoría tamaño guijarros de 8 a 10 cm, aunque en algunos niveles llega hasta guijarros de 15 cm y otros son en promedio guijos de 6 cm, redondeados y subredondeados (donde disminuye el tamaño del grano). Son principalmente masivas aunque en la parte inferior media presentan estratificación cruzada plana (Figura 13). Las arenas son de tamaño variable de arena fina a muy gruesa y gravosas, en su mayoría lodosas y moscovíticas, presentan estratificación plana horizontal y cruzada plana y algunos niveles son lenticulares. Los limos arcillosos son en su mayoría masivos, moscovíticos, aumenta su presencia en la parte basal de la sección, donde aumenta el contenido de arcillas que se evidencia por el desarrollo marcado de grietas de desecación. La sección midió 66 m (ver Anexo C).

Figura 13. Fotografías ubicadas dentro de la columna 3.



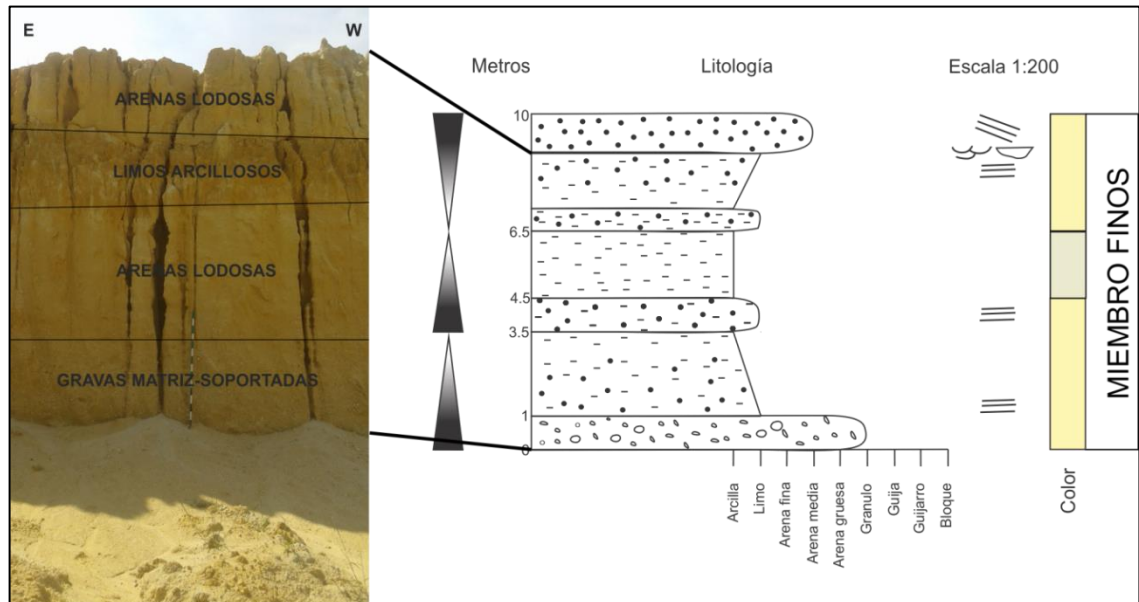
**8.1.4 Columna 4.** Levantada en la vereda Chocóa (Girón), consta de intercalaciones de arenas lodosas, limos arcillosos y arcillas limosas con gravas clasto-soportadas de color pardo (Figura 14). En toda la sección prima el contenido de gravas sobre los finos. Las gravas, las gravas presentan matriz areno-lodosa; son en su mayoría tamaño guijarros de 8 a 10 cm, aunque en la base se tiene un promedio de 10 a 12 cm y en algunos niveles se tiene en promedio guijos de 6 cm. De forma general la sección es grano decreciente, así como también la redondez cambia de bien redondeados a subredondeados a medida que se asciende en la columna. La matriz es areno-lodosa, presentan estratificación cruzada plana, cruzada en artesa y plana horizontal; con algunas formas acanaladas principalmente donde el tamaño de grano disminuye. Los finos corresponden a arenas lodosas que varían en tamaño de grano, de arena fina a muy gruesa y gravosa de color pardo en su mayoría, aunque en la parte superior se tiene un nivel de color gris amarillento. Presenta estratificación plana horizontal, cruzada en artesa y cruzada plana, moscovíticas y en algunos niveles con forma lenticular. Los limos arcillosos y las arcillas limosas son en su mayoría masivos, moscovíticos y menos abundantes. Es evidente la presencia importante de estructuras sedimentarias primarias en toda la sección. La sección midió 48 m (ver Anexo D).

**Figura 14.** Fotografía correspondiente a la columna 4.



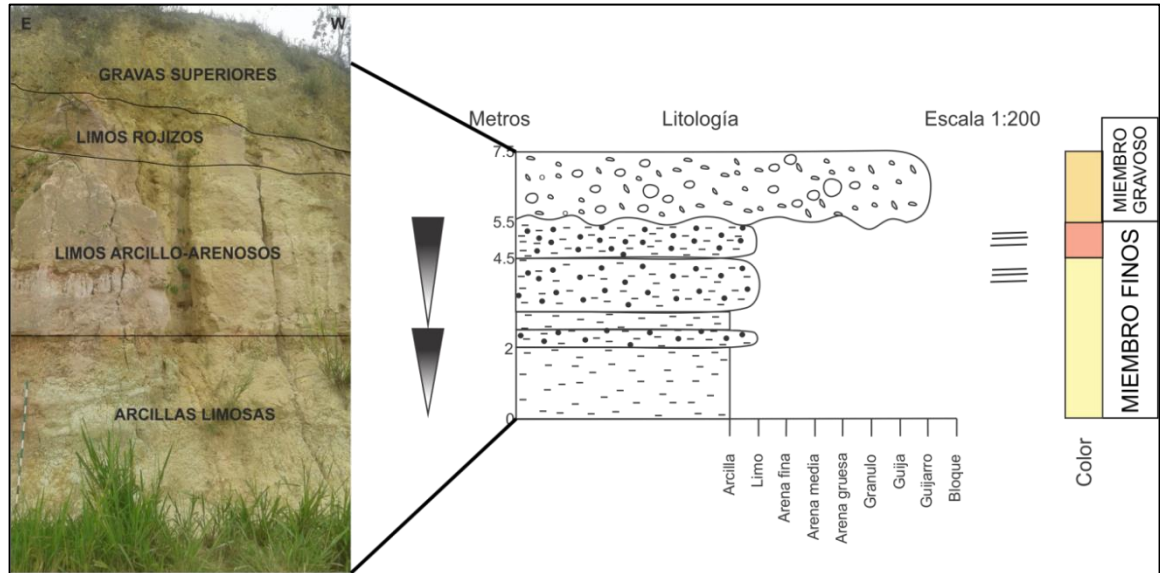
**8.1.5 Columna 5.** Levantada en la vereda Llanadas (Girón), consta de intercalaciones de arcillas limosas color gris amarillento, limos arcillosos, arenas lodosas y arenas gravosas con algo de gravas matriz-soportadas, de color amarillo pálido (Figura 15). En la sección prima el contenido de finos, arcillas limosas y limos arcillosos, utilizados en la industria ladrillera que explota estos materiales. Presentan alto contenido de moscovita. Su estructura es masiva en su mayoría; solo en la parte superior se tiene estratificación cruzada plana. Las arenas gravosas son variables en el tamaño de los granos de arena fina a muy gruesa y las gravas son guijos de 0.5 a 1.5 cm, con alto contenido de moscovita, clastos subangulares a subredondeados y presentan estratificación plana horizontal. Las gravas matriz-soportadas, presentan matriz areno-lodosa, son de tamaño guijos de 1 a 3 cm en promedio, clastos subangulares a subredondeados, presentan estratificación cruzada plana, cruzada en artesa y plana horizontal, algunas capas con forma lenticular. La sección midió 10 m (ver Anexo E).

**Figura 15.** Fotografía correspondiente a la columna 5.



**8.1.6 Columna 6.** Levantada en la vereda Llanadas (Girón), consta de intercalaciones de arcillas limosas limos arcillosos y arenosos de color amarillo pálido, hacia la parte inferior con limos gravosos de color rojo y gravas matriz-soportadas de color pardo en la parte superior (Figura 16). En la sección prima el contenido de finos, las arcillas limosas, los limos arcillosos y arenosos, son moscovíticos, en la parte media presenta estratificación cruzada plana. Los limos gravosos intermedios, presentan gravas tamaño guijos de 2 a 3 cm en promedio, subredondeados a subangulares. En este nivel hacia la parte superior se forman costras duras de color rojizo que corresponden a paleosuelos que pueden llegar hasta 2 m de espesor. Las gravas de la parte superior son matriz-soportadas, con matriz areno-lodosa; el tamaño de grano es principalmente guijos de 5 a 6 cm, redondeados a subredondeados y con estructura masiva. Presenta características similares a las gravas descritas en las columnas anteriores, aunque topográficamente se localiza a mayor altura y los niveles de finos inferiores no se encontraron en las zonas donde se levantaron las anteriores columnas, lo que hace pensar que corresponde a otro segmento (o miembro) del depósito. La sección midió 7.5 m (ver anexo F).

**Figura 16.** Fotografía correspondiente a la columna 6.



## 8.2 FORMACIÓN BUCARAMANGA

Estudios previos sobre la Formación Bucaramanga como cartografía geológica y descripciones sedimentológicas han mostrado que los sedimentos que conforman esta unidad se extienden por toda el área Metropolitana de Bucaramanga aunque no en la totalidad de sus miembros. Con el presente estudio se identificaron características sedimentológicas y texturales que permitieron reconocer que los sedimentos cuaternarios localizados al sur del Río Frío pertenecen a la Fm. Bucaramanga de Ingeominas (2005). Lo que permite hacer una comparación de resultados con estudios previos realizados a esta unidad (Tabla 1).

**Tabla 1.** Cuadro comparativo de los niveles sedimentarios diferenciados en campo, con los miembros reportados en el pasado de la Fm. Bucaramanga.

Miembro	Julivert (1958)	Porta (1959)	Niño y Vargas (1992)	Ingeominas (2005)	Proyecto
	Típicamente aluvial, paquetes de cantos redondeados con algunos bancos de arena intercalados	Alternancia de bancos de conglomerados y fajas más o menos continuas de arenas (1 m), cantos bien redondeados. Espesor: 200 a	Capas gruesas de espesor variable de gravas matriz-soportadas y grano-soportadas, subredondeadas a redondeadas, mal calibradas, matriz areno-	Serie monótona de niveles polimícticos de fragmentos gruesos, de aspecto conglomerático, con alternancia de capas y lentes	Intercalaciones de capas gravosas clasto-soportadas y matriz-soportadas, mal calibradas, varía de guijas a guijarros, clastos bien redondeados

<b>Órganos</b>	(de 1 m). Espesor: 200 m.	250 m.	lodosa y lodo-arenosa. Espesor: 170 m.	limo arenosos, con variaciones laterales y verticales en composición y textura. Bueno y Solarte (1994). Espesor: 180 m.	a subredondeados, matriz arenolodosa; con capas de arenas lodosas, limos arcillosos y arcillas limosas. Espesor: 136 m.
<b>Finos</b>	Sedimentos finos, finamente estratificados, representa un episodio de sedimentación tranquila, en un régimen de laguna sobre la llanura aluvial.	Intercalaciones de arcillas grises, arenas lodosas y algunos conglomerados de grano fino, algunas costras limoníticas, con predominio de los finos. Nivel de origen fluvio-lagunar, presente en todo el depósito. Espesor: 14 m.	Consta de arenas arcillosas, arcillas arenosas, gravas y algunas gravas arcillosas, gravas subangulares a subredondeadas. Capas finas de geometría tabular y lenticular. Espesor: 20 m.	Puede dividirse en 2 conjuntos, uno arcilloso localizado hacia la base que puede medir hasta 9 m y otro arenoso localizado al techo. Espesor: 9 m.	Intercalaciones de capas arcillosas grises, limos arcillosos, arenas lodosas con algunas gravas finas matriz-soportadas, predominan los finos. Los clastos en las gravas son gránulos, subangulares a subredondeados, mal calibradas. Espesor: 11 m.
<b>Gravoso</b>	Está incluido dentro de los niveles medio y superior.	Está incluido dentro de los niveles medio y superior.	Gravas arenolodosas y lodoarenosas, sin estructura interna. Las gravas son subredondeadas de esfericidad media. Mal calibradas. Espesor: 8 m.	corresponde a un nivel principalmente conglomerático, con cantos en promedio de 15 cm de diámetro y pueden llegar hasta 0,8 m, en general el depósito es matriz soportado aunque localmente puede ser clasto soportado: Espesor: 8 a 30 m.	Gravas clasto-soportadas, de guijas de 5 a 6 cm, algunos guijarros de 15 cm, redondeadas a subredondeadas, mal calibradas. Espesor visible: 2 m.

De esta manera en el área de estudio se reconoció de base a techo; el Miembro Órganos con un espesor aproximado a 136 m (presente en toda la zona), el Miembro Finos con un espesor aproximado a 11 m (presente en la vereda Llanadas, Girón) y el Miembro Gravoso en su parte más basal con una potencia visible de 2 m (presente en la Vereda Llanadas, Girón). (Ver Anexo G).

El Miembro Órganos se encuentra constituido principalmente por Gravas clasto-soportadas y matriz-soportadas, el tamaño de las gravas varía desde gránulos hasta bloques con un promedio de guijarros de 8 a 15 cm, clastos redondeados a bien redondeados, de matriz arenolodosa, sus estructuras sedimentarias son estratificación plana horizontal, cruzada plana, cruzada en artesa, muestra

imbricación de clastos y en muchos casos es masivo; la forma de las capas es tabular y se encuentra intercaladas con capas de arenas lodosas, limos arenosos y arcillosos y arcillas limosas de espesores variables que pueden llegar hasta 2 m, aunque en su parte más inferior los finos predominan, siendo más potentes que las gravas llegando hasta los 28 m con forma tabular a excepción del resto del miembro donde su forma es principalmente lenticular y acanalada, muestra estructuras sedimentarias como estratificación cruzada plana, cruzada en artesa, plana horizontal y las arcillas son masivas.

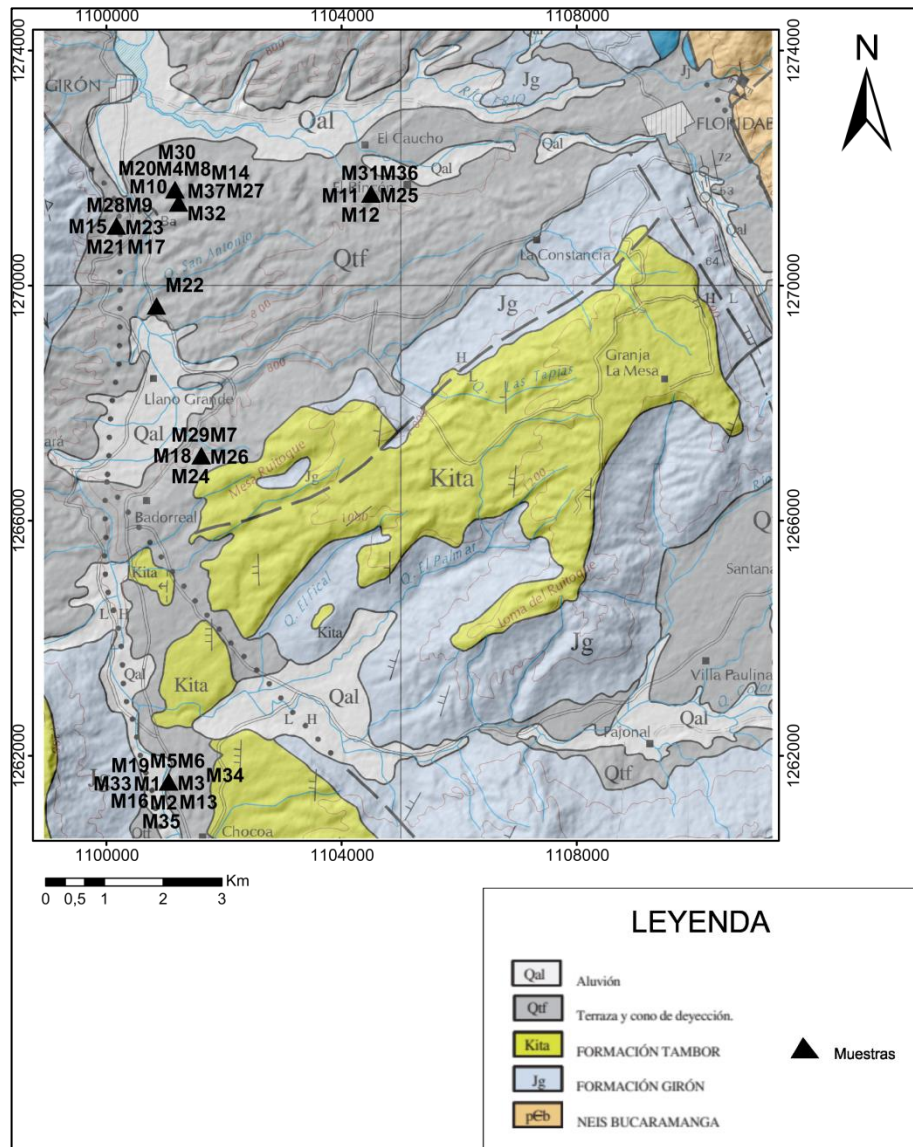
El Miembro Finos se encuentra constituido principalmente por limos arenosos y arcillosos y arcillas, aunque en su parte más basal presenta gravas matriz-soportadas con tamaño promedio de guijos de 1 a 3 cm, clastos subredondeados a subangulares, con estratificación plana horizontal y espesor aproximado a 1 m, los limos arenosos y arcillosos y las arcillas priman en el miembro por su potencia que pueden llegar hasta 4 m, los limos pueden presentar estratificación plana horizontal y las arcillas son masivas, la forma de las capas es tabular; hacia la parte superior este miembro contiene arenas lodosas ligeramente gravosas (guijos de 0.5 a 1.5 cm), con estratificación cruzada plana y cruzada en artesa, de forma acanalada; hacia el tope el miembro presenta una costra o paleosuelo rojizo que puede llegar a medir 2 m de espesor, constituida por limos ligeramente gravosos con tamaño de grano de guijos de 2 a 3 cm y forma subredondeada a subangular.

El Miembro Gravoso poco visible en la zona de trabajo se encuentra constituido por gravas clasto-soportadas, el tamaño de las gravas varía de gránulos hasta guijarros, con un promedio de guijos de 5 a 6 cm, clastos redondeados a subredondeados, de matriz areno-lodosa, no muestra estructura sedimentaria visible, y la forma es tabular aunque no se puede seguir su continuidad por que ha sido removido casi en su totalidad en la zona.

### **8.3 PETROGRAFÍA DE GRAVAS**

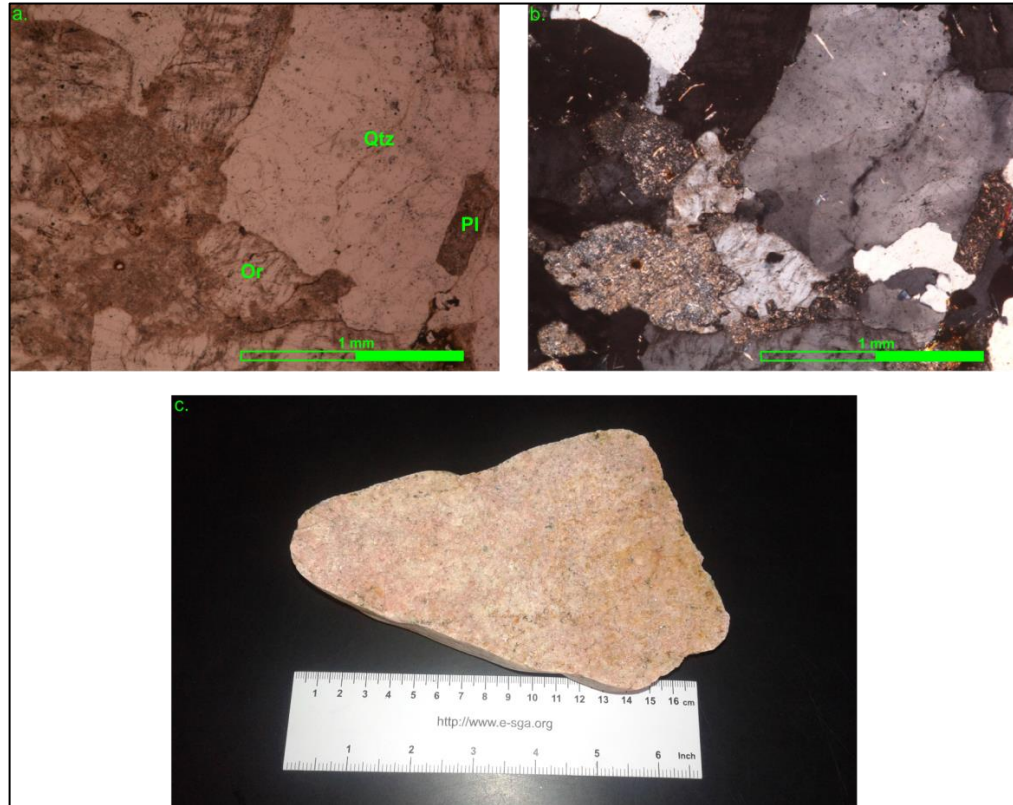
Se recolectaron en campo 37 muestras de clastos para realizarles el análisis petrográfico (Figura 17), de las cuales se elaboraron 18 láminas delgadas, para los clastos más significativos y más abundantes, que pudieran ser buenos indicadores de proveniencia. La metodología, diagramas y parámetros para las descripciones y clasificación se hicieron según García (1997), García (2007) y Castro (1989).

**Figura 17.** Ubicaciones de los puntos donde se recolectaron las muestras de los clastos para petrografía.



- **Muestra 1 (M1).**

**Figura 18.** Fotografías tomadas para la muestra **M1**. **a.** En sección delgada con aumento de 5X; en nicols paralelos, se observa cristales de cuarzo (Qtz), plagioclasa (Pl) y ortosa (Or). **b.** En sección delgada con aumento de 5X; en nicols cruzados, se observan los colores de interferencia. **c.** Fotografía en muestra de mano.



El clasto es de color rosado, redondeado, cristalino, de tamaño de grano fino (0.4-2mm), con algunos fenocristales de grano medio (4 mm), presenta baja meteorización, contiene cristales de cuarzo, feldespato color rosado y blanco y mica moscovita. Su estructura es masiva. (Figura 18c).

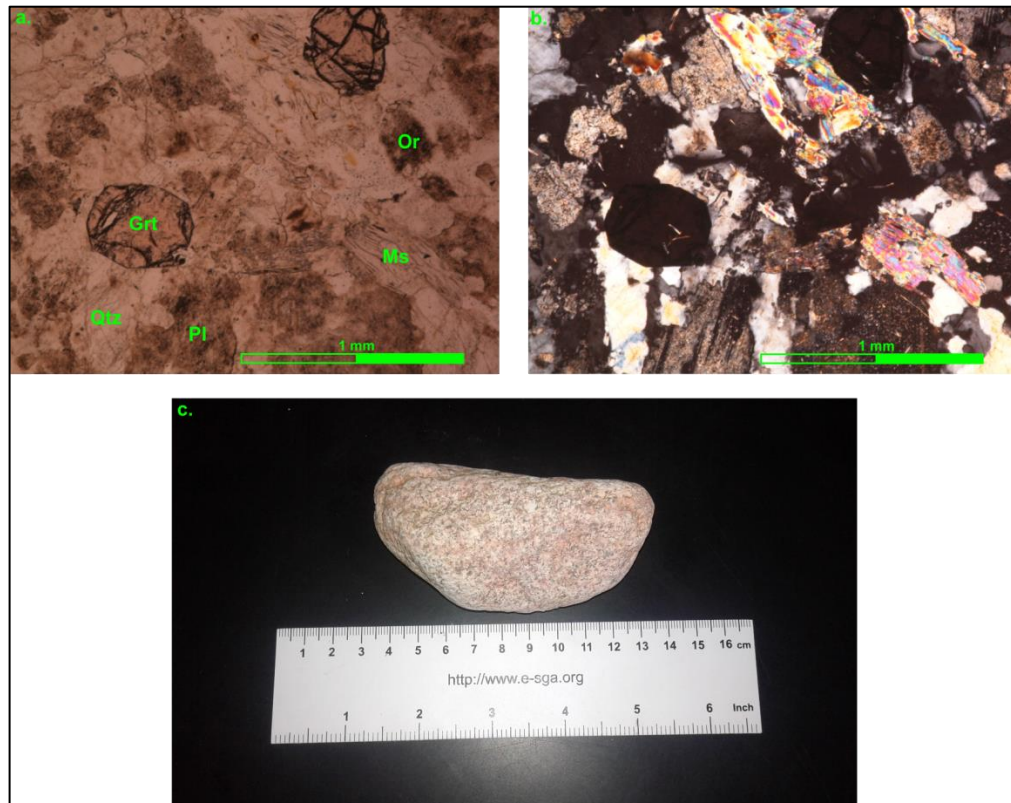
Microscópicamente el clasto se compone de ortosa (42%) subhedral, con inclusiones de plagioclasa sericitizada, que se presenta alterándose a sericita y como fenocristales de tamaño variable de fino a medio. Cuarzo (31%) subhedral, con extinción ondulante, de grano fino. Plagioclasa (20%), que se presenta como cristales alargados euhedrales y como microcristales incluidos en fenocristales de feldespato potásico, de tamaño fino a muy fino y se encuentra alterada a sericita en su mayoría. Moscovita (5%), que se presenta como individuos hojosos idiomórficos, de tamaño fino. Biotita (2%), que se presenta como individuos

hojosos, de grano fino, alterándose a clorita. Como accesorios contiene minerales opacos (posiblemente óxidos de hierro). Texturalmente la roca es fanerítica, holocristalina, equigranular a ligeramente porfirítica, hipidiomórfica, pertítica y micropertítica. (Figuras 18a y b).

La roca presenta tamaño de grano fino (0.4-2 mm), de color rosado, ígnea, fanerítica, composicionalmente corresponde a un sienogranito. Para mayor practicidad en la continuación del proyecto se definirá la muestra como “**Granito rosado de grano fino**”.

- **Muestra 2 (M2).**

**Figura 19.** Fotografías tomadas para la muestra **M2**. **a.** En sección delgada con aumento de 5X; en nicoles paralelos, se observa cristales de cuarzo (Qtz), plagioclasa (Pl), ortosa (Or), granate (Grt) y moscovita (Ms). **b.** En sección delgada con aumento de 5X, en nicoles cruzados, se observan los colores de interferencia. **c.** Fotografía en muestra de mano.



El clasto es de color rosado pálido, redondeado, cristalino, el tamaño de los cristales es grano fino, presenta meteorización media, contiene cristales de

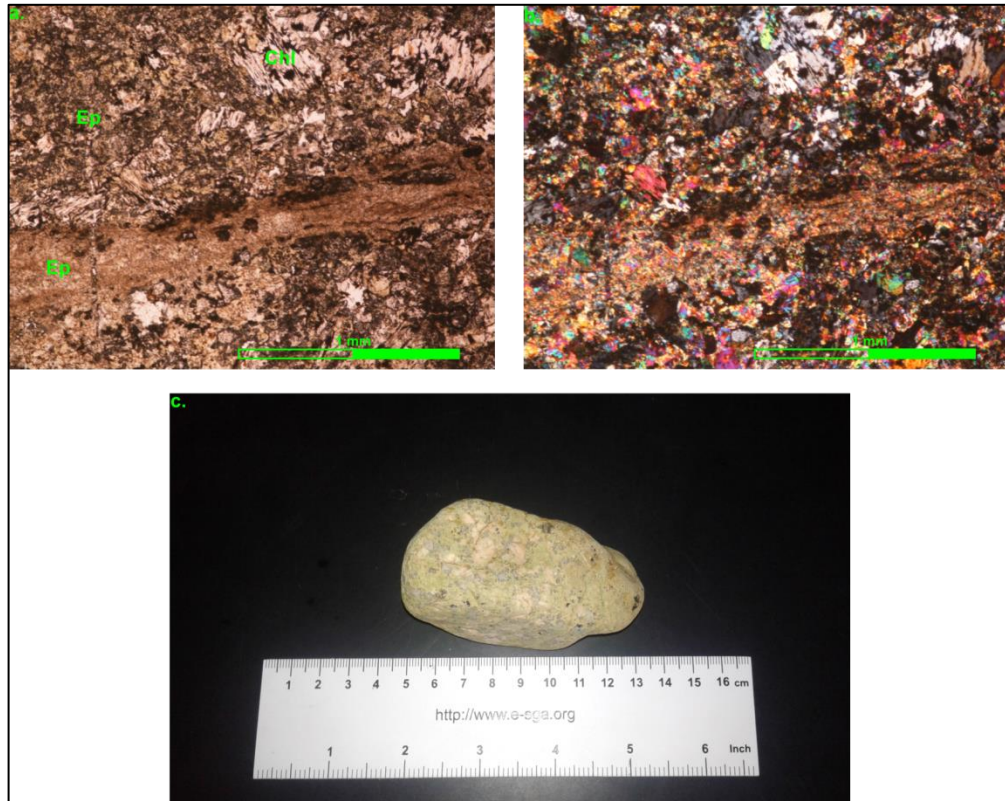
cuarzo, feldespato rosado y blanco, moscovita. Su estructura es masiva, con ligera orientación de los filosilicatos. (Figura 19c).

Microscópicamente el clasto se compone de ortosa (39%) subhedral a anhedral, que se presenta alterándose a sericita y como fenocristales (1-2 mm), algunos cristales presentan inclusiones de plagioclasa sericitizada. Cuarzo (29%) subhedral, algunos de los granos muestran textura gráfica, cristales de tamaño fino (0.5-1 mm). Plagioclasa (18%) subhedral, alterándose a sericita, como microcristales incluyendo cristales más grandes de ortosa, el tamaño de los cristales es fino (0.3-0.5 mm). Moscovita (12%), euhedral, como cristales hojosos que presentan ligera orientación preferencial. Microclina (2%), subhedral, se presenta como fenocristales, alterándose a sericita, con algunas inclusiones de cuarzo (cristales muy redondeados), de tamaño fino (1-2 mm). Como accesorios contiene granate, biotita y algunos óxidos. Texturalmente la roca es fanerítica, holocristalina, equigranular, pertítica, hipidiomórfica y gráfica. (Figuras 19a y b).

La roca presenta tamaño de grano fino (0.4-2 mm), de color rosado pálido, ígnea, fanerítica, moscovítica con leve orientación; composicionalmente corresponde a un sienogranito y contiene granate. Para mayor practicidad en la continuación del proyecto se definirá la muestra como “**Granito rosado pálido de grano fino, moscovítico**”.

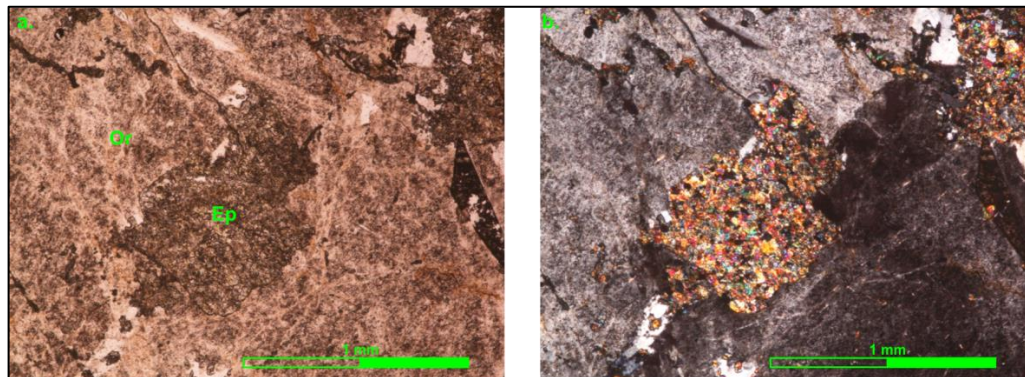
- **Muestra 3 (M3).**

**Figura 20.** Fotografías tomadas para la muestra **M3**. **a.** En sección delgada con aumento de 5X; en nicoles paralelos, se observa cristales de epidota (Ep) y clorita (Chl). **b.** En sección delgada con aumento de 5X; en nicoles cruzados, se observan los colores de interferencia. **c.** Fotografía en muestra de mano.



El clasto es de color rosado pálido (no alterado) y verde muy claro (alterado), bien redondeado, cristalino, el tamaño de los cristales es grueso a medio, presenta meteorización media, contiene cuarzo, feldespato rosado, clorita y epidota. Su estructura es masiva. (Figura 20c).

**Figura 21.** Fotografías tomadas para la muestra **M4**. **a.** En sección delgada con aumento de 5X; en nicols paralelos, se observa epidota (Ep) por alteración de la plagioclasa, incluida en un fenocristal de ortosa (Or). **b.** En sección delgada con aumento de 5X; en nicols cruzados, se observan los colores de interferencia.

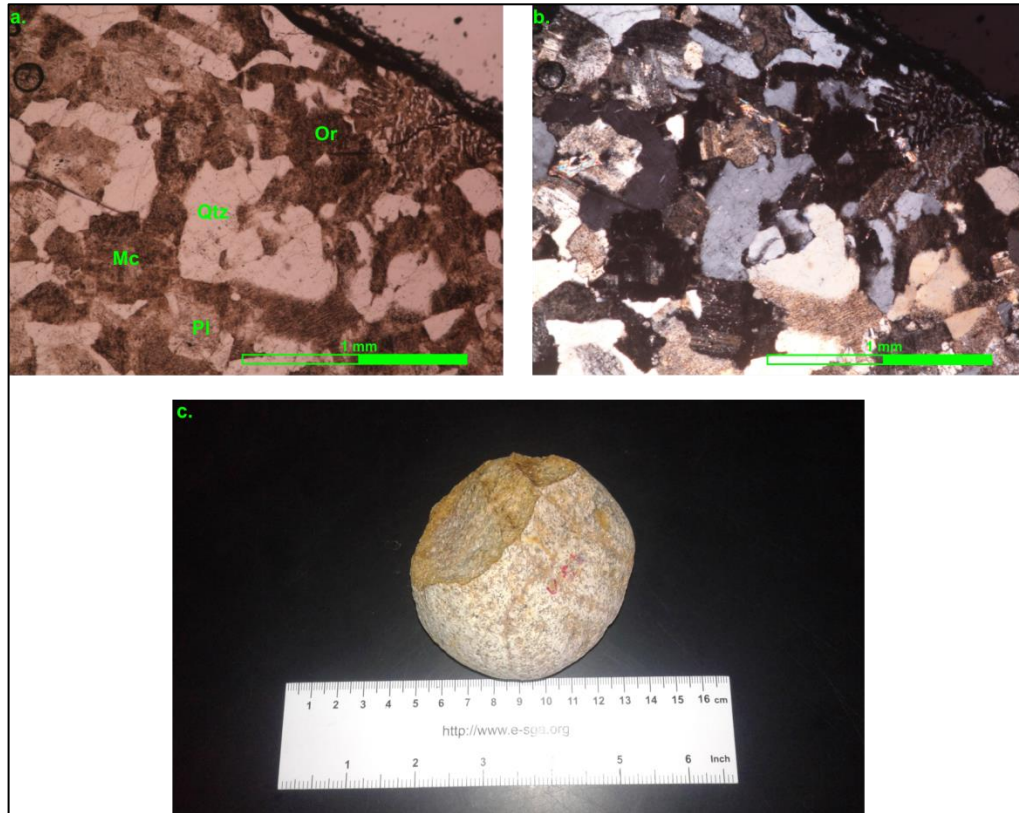


Microscópicamente el clasto está dividido en dos partes, por un lado es de color rosado pálido con parches color verde muy claro, en donde se observa rasgos de la roca original (posible granito), que presenta fenocristales de ortosa con inclusiones de cristales alterados a epidota (posible plagioclasa). La otra parte está totalmente alterada, presenta una coloración verde muy clara por el contenido de epidota y la clorita. En su totalidad el clasto se compone de epidota (38%), que se presenta como agregado microcristalino, como producto de alteración de las plagioclasas (Figura 21a y b), también se presenta rellenando venas, en la cual el tamaño de grano disminuye. Clorita (23%), puede corresponder a alteración de biotita, aunque en las partes más alteradas a epidota se observa sin evidencia de la biotita primaria, por posible remplazamiento total. Cuarzo (20%), que se presenta subhedral a anhedral, algunos presentan extinción ondulante; el tamaño de los cristales es medio a grueso (3-6 mm). Ortosa (17%), se presenta como cristales subhedrales, el tamaño de los cristales es grueso (hasta 7 mm), con inclusiones de plagioclasa alterada a epidota. Plagioclasa (2%), se presenta como cristales euhedrales, el tamaño de los cristales es fino (0.4-0.6 mm), casi en su totalidad alterada a epidota, aunque en algunos sectores se observan características como la macla simple, su forma tabular y alargada y, como inclusiones alteradas a epidota en la ortosa. Como accesorios contiene minerales opacos y biotita. Texturalmente la roca es, fanerítica, holocristalina, equigranular a ligeramente porfirítica, hipidiomórfica y pertítica. (Figura 20a y b).

La roca presenta tamaño de grano variable pero en promedio es grano medio (2-5 mm), de color rosado pálido y verde muy claro, ígnea, fanerítica, con epidota y clorita por alteración; composicionalmente en su parte menos alterada se puede clasificar como un Monzogranito. Para mayor practicidad en la continuación del proyecto se definirá la muestra como **“Granito de grano medio con epidota y clorita”**.

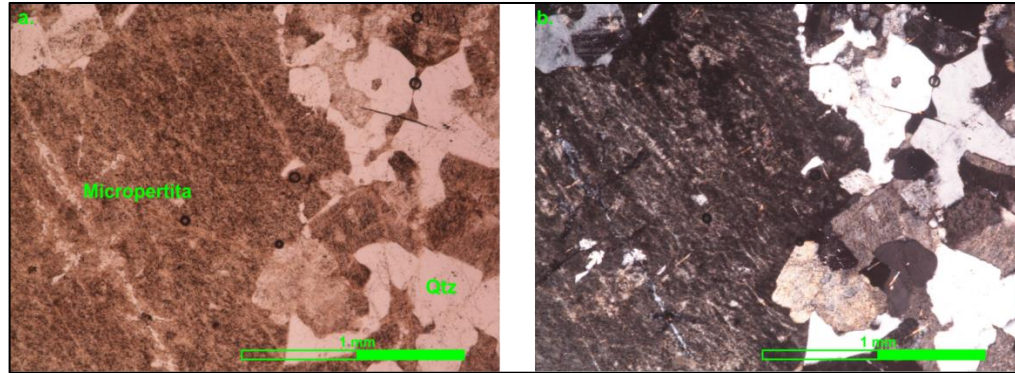
- **Muestra 4 (M4).**

**Figura 22.** Fotografías tomadas para la muestra **M4**. **a.** En sección delgada con aumento de 5X; en nicoles paralelos, se observa cristales de cuarzo (Qtz), ortosa (Or), Plagioclasa (Pl), microclina (Mc), hacia la parte superior derecha se observa textura mirmequítica. **b.** En sección delgada con aumento de 5X; en nicoles cruzados, se observan los colores de interferencia. **c.** Fotografía en muestra de mano.



El clasto es de color blanco grisáceo a amarillento producto de la meteorización en la parte externa, y en la parte fresca al interior es de color rosado muy pálido, bien redondeado, cristalino, el tamaño de los cristales es fino a medio, presenta meteorización media en su parte externa, contiene cuarzo, feldespato blanco y rosado muy pálido, moscovita. Su estructura es masiva. (Figura 22c).

**Figura 23.** Fotografías tomadas para la muestra **M4**. **a.** En sección delgada con aumento de 5X, en nicoles paralelos, se observa cuarzo (Qtz) y textura micropertítica. **b.** En sección delgada con aumento de 5X, en nicoles cruzados, se observan los colores de interferencia.

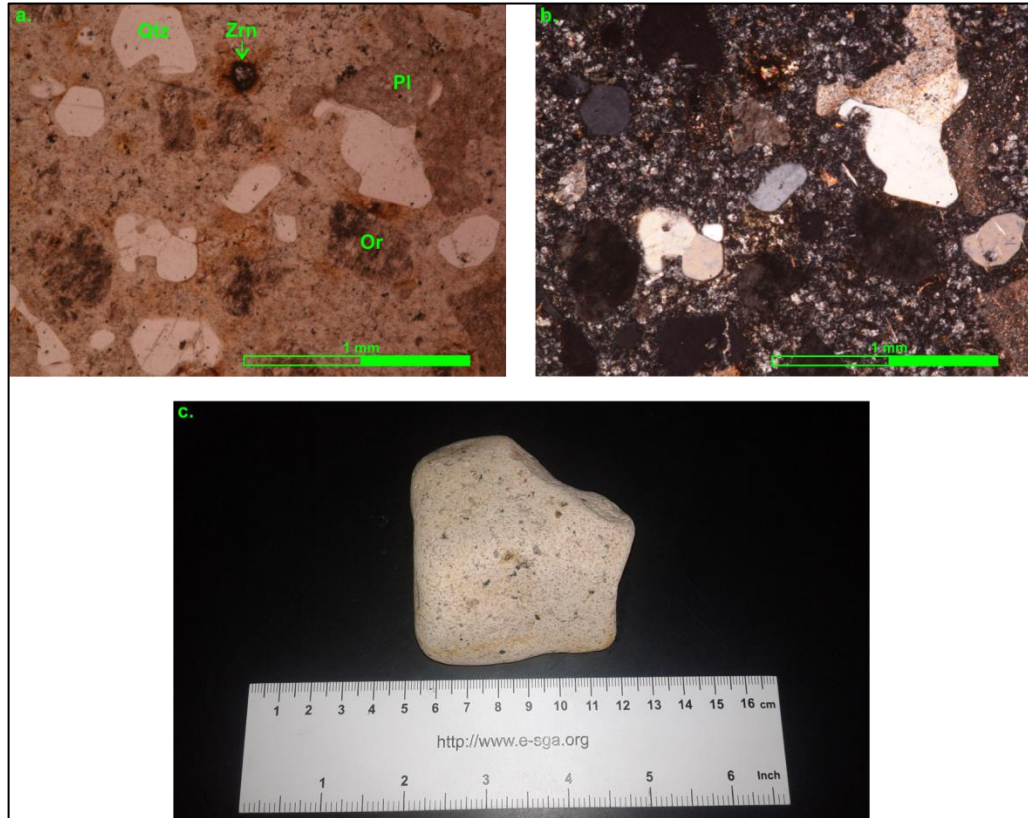


Microscópicamente el clasto se compone de cuarzo (37%), subhedral, el tamaño de los cristales es variable con algunos fenocristales, en promedio es grano fino (0.5 mm). Plagioclasa (31%), se presenta como cristales euhedrales a subhedrales, alterándose a sericita pero aún se conserva la macla polisintética, el tamaño promedio de los cristales es fino (0.3 mm). Ortosa (25%), se presenta como cristales anhedrales a subhedrales, alterándose a sericita, el tamaño de los cristales es fino (0.3-0.5 mm), con algunos fenocristales que llegan a 1.5-2 mm. Microclina (5%), se presenta como cristales subhedrales, el tamaño de los cristales es fino (menor a 0.5 mm). Moscovita (2%), se presenta como cristales laminares y hojosos, euhedrales, el tamaño es fino (0.3 mm). Texturalmente la roca es fanerítica, holocristalina, equigranular a ligeramente porfirítica, hipidiomórfica, micropertítica (Figura 23a y b), mirmequítica y gráfica. (Figura 22a y b).

La roca presenta tamaño de grano fino (0.4-2 mm), de color blanco grisáceo con oxidación en la superficie y de color rosado muy pálido al interior; ígnea, fanerítica, con algunas fracturas; composicionalmente la roca corresponde a un Monzogranito. Para mayor practicidad en la continuación del proyecto se definirá la muestra como “**Granito de grano fino blanco grisáceo fracturado**”.

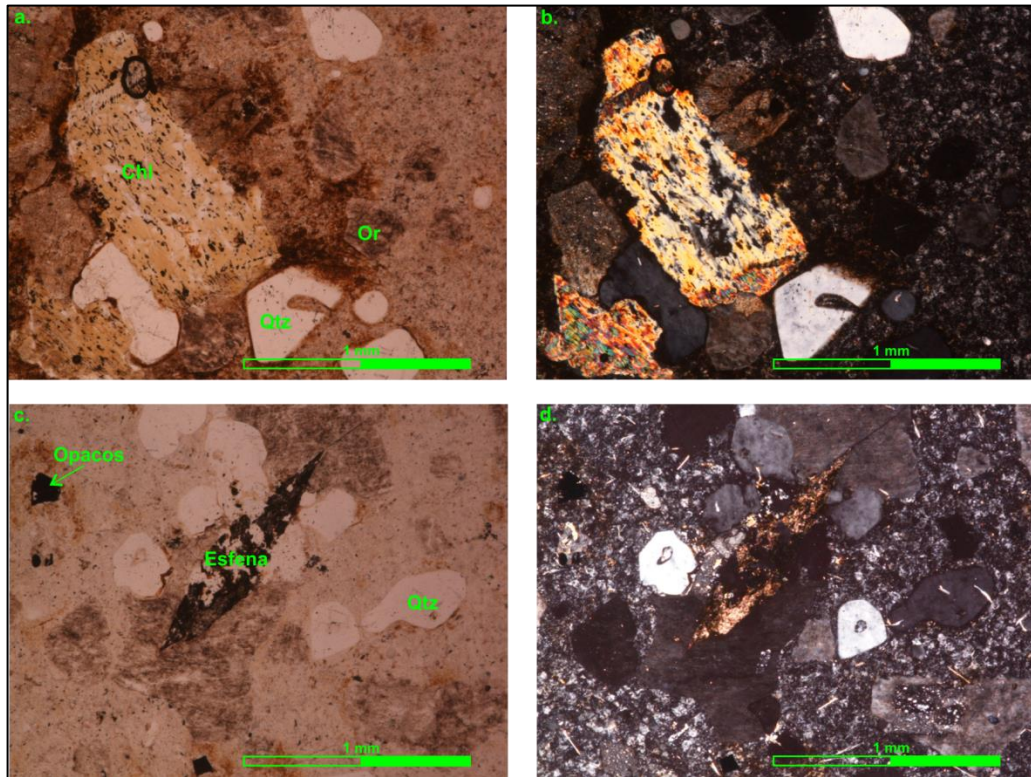
- **Muestra 5 (M5).**

**Figura 24.** Fotografías tomadas para la muestra **M5** **a.** En sección delgada con aumento de 5X; en nicols paralelos, se observa cristales de cuarzo (Qtz), plagioclasa (Pl), ortosa (Or) y zircón (Zrn) con halo pleocrómico, en matriz afanítica microcristalina. **b.** En sección delgada con aumento de 5X; en nicols cruzados, se observan los colores de interferencia. **c.** Fotografía en muestra de mano.



El clasto es de color rosado pálido, bien redondeado, cristalino en matriz afanítica; el tamaño de los cristales es fino (0.3-0.5 mm), con algunos fenocristales hasta de 2 mm; contiene feldespáto rosado y cuarzo. Su estructura es masiva. (Figura 24c).

**Figura 25.** Fotografías tomadas para la muestra **M5**. **a.** En sección delgada con aumento de 5X, en nicols paralelos, se observa cristales de cuarzo (Qtz) subhedral con embahiamientos, plagioclasa (Pl), ortosa (Or) y clorita (Chl). **b y d.** En sección delgada con aumento de 5X, en nicols cruzados, se observan los colores de interferencia. **c.** En sección delgada con aumento de 5X, en nicols paralelos, se observa cristales de cuarzo (Qtz), esfena y minerales opacos.



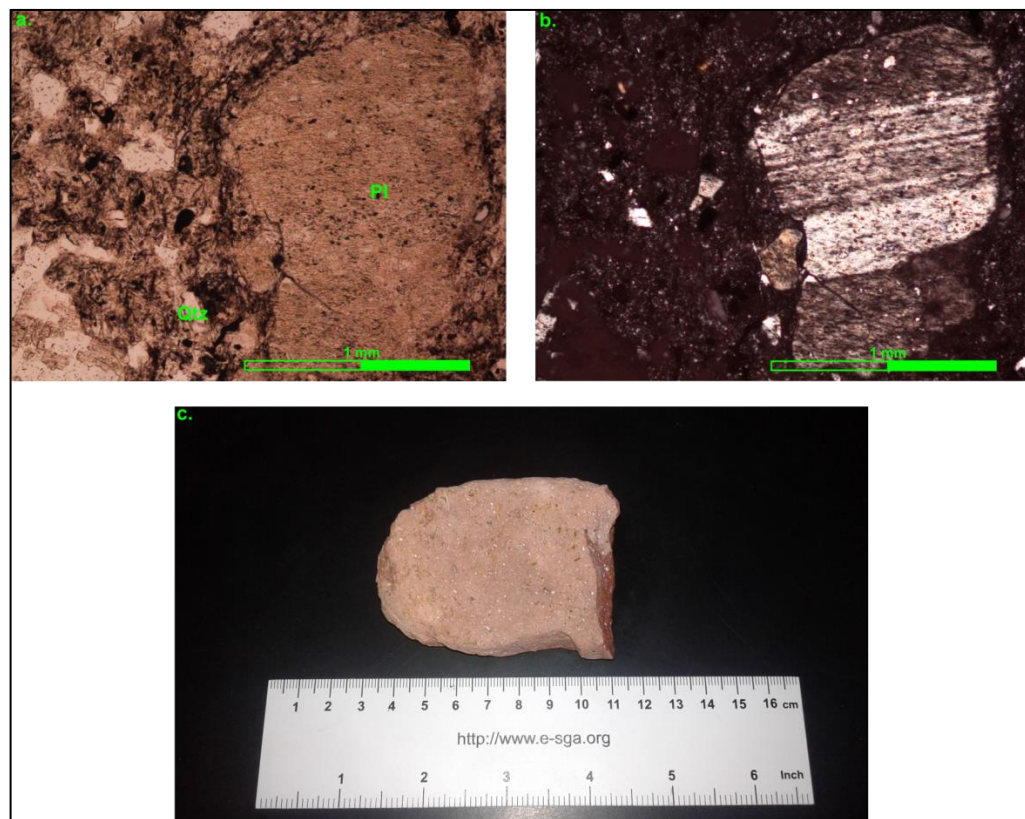
Microscópicamente el clasto se compone de matriz microcristalina (40%) cuarzo-feldespática, cuarzo (21%) subhedral a euhedral, con tamaño de grano fino (0.2-0.5 mm), con algunos fenocristales (hasta de 2 mm). Plagioclasa (22%) subhedral, con tamaño de grano fino (0.2-0.5 mm), con algunos fenocristales; alterándose a sericita, y en algunos escasos cristales alterándose a epidota; también se presenta como inclusiones en cristales de feldespáto potásico (ortosa). Ortosa (15%) subhedral, con tamaño de grano fino (0.2-0.5 mm) y algunos fenocristales hasta de 1 mm, se presenta alterándose a sericita y con inclusiones de plagioclasa. Como accesorios contiene biotita alterándose a clorita, moscovita, zircón, esfena y opacos (Figura 25a, b, c y d). Texturalmente la roca es holocristalina, con matriz microcristalina (afanítica), inequigranular a ligeramente porfídica, hipidiomórfica, localmente pertítica y gráfica. (Figura 24a y b).

La roca presenta en su mayoría tamaño de grano microcristalino que componen la matriz, con algunos cristales tamaño fino (0.3-0.5 mm) y escasos fenocristales que llegan hasta 2 mm, de color rosado pálido; ígnea, afanítica, composicionalmente la

roca corresponde a una riolita. Para mayor practicidad en la continuación del proyecto se definirá la muestra como “**Riolita de color rosado pálido**”.

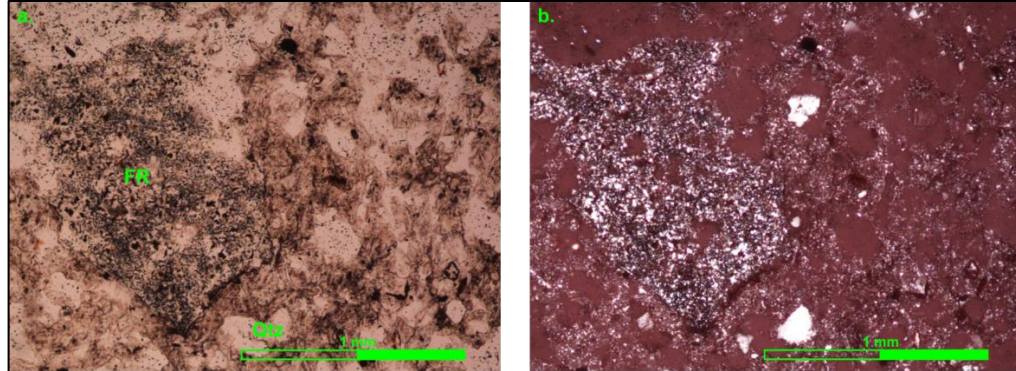
- **Muestra 6 (M6).**

**Figura 26.** Fotografías tomadas para la muestra **M6**. **a.** En sección delgada con aumento de 5X; en nicoles paralelos, se observa cristales de cuarzo (Qtz), plagioclasa (Pl), en matriz afanítica vítrea. **b.** En sección delgada con aumento de 5X; en nicoles cruzados, se observan los colores de interferencia. **c.** Fotografía en muestra de mano.



El clasto es de color rojo pálido a rosáceo, bien redondeado, presenta cristales de color blanco, gris y negros en una matriz afanítica de color rojo pálido, el tamaño de los cristales es fino (0.25-1 mm), presenta meteorización media, poroso (aproximadamente 20%), contiene feldspatos color blanco, cuarzo, fragmentos de roca de color gris y negro. Su estructura es masiva. (Figura 26c).

**Figura 27.** Fotografías tomadas para la muestra **M6**. **a.** En sección delgada con aumento de 5X, en nicols paralelos, se observa un fragmento de roca (FR), en matriz afanítica vítrea. **b.** En sección delgada con aumento de 5X, en nicols cruzados, se observan los colores de interferencia.



Microscópicamente el clasto se compone de matriz vítrea (51%), feldespato tanto potásico (variedad ortosa) como plagioclasa (24%), subhedral con tamaño de grano fino (0.3-0.5 mm), con algunos fenocristales que llegan hasta 1 mm, la plagioclasa presenta forma tabular y ambos se encuentran alterándose a sericita. Cuarzo (23%), subhedral, el tamaño de los cristales es variable de grano muy fino a fino (0.1-0.5 mm), con algunos fenocristales de 1 mm. Fragmentos de roca (2%), el tamaño del fragmento es fino (1mm) (Figura 27a y b), el tamaño del grano que compone el fragmento es muy fino (microcristalino), por lo que se hace difícil la clasificación del fragmento. Como accesorios contiene óxidos de hierro. Texturalmente la roca es hialocristalina, con matriz vítrea, inequigranular, vitrofídica y microporfídica. (Figura 26a y b).

La roca está compuesta en un 51% de matriz vítrea criptocristalina y el otro 49% de cristales y algunos fragmentos de roca, de tamaño fino (0.3-0.5 mm) y escasos fenocristales que llegan hasta 1.8 mm, de color rojo pálido; ígnea, afanítica, la roca corresponde a una toba vítrea de composición riolítica. Para mayor practicidad en la continuación del proyecto se definirá la muestra como **“Toba vítrea de color rojo pálido”**.

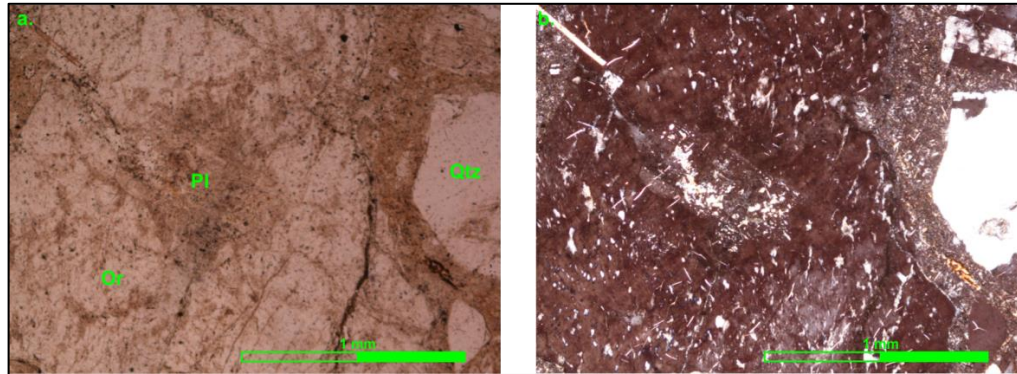
- **Muestra 7 (M7).**

**Figura 28.** Fotografías tomadas para la muestra **M7**. **a.** En sección delgada con aumento de 5X; en nicols paralelos, se observa cristales de cuarzo (Qtz), plagioclasa (Pl) y ortosa (Or) en matriz afanítica vítrea. **b.** En sección delgada con aumento de 5X; en nicols cruzados, se observan los colores de interferencia. **c.** Fotografía en muestra de mano.



El clasto es de color gris claro, bien redondeado, presenta cristales en una matriz afanítica que le da el color al clasto, los cristales son de color blanco, gris y negros, el tamaño es variable de fino a medio (0.5-4 mm), altamente meteorizado, poroso (20%), contiene feldespato de color blanco, cuarzo, fragmentos de roca de color gris y negro. Su estructura es masiva. (Figura 28c).

**Figura 29.** Fotografías tomadas para la muestra **M7**. **a.** En sección delgada con aumento de 5X, en nicols paralelos, se observa cuarzo (Qtz), Plagioclasa (Pl) y Ortosa (Or), con inclusiones de plagioclasa (textura pertítica), en matriz afanítica vítrea. **b.** En sección delgada con aumento de 5X, en nicols cruzados, se observan los colores de interferencia.

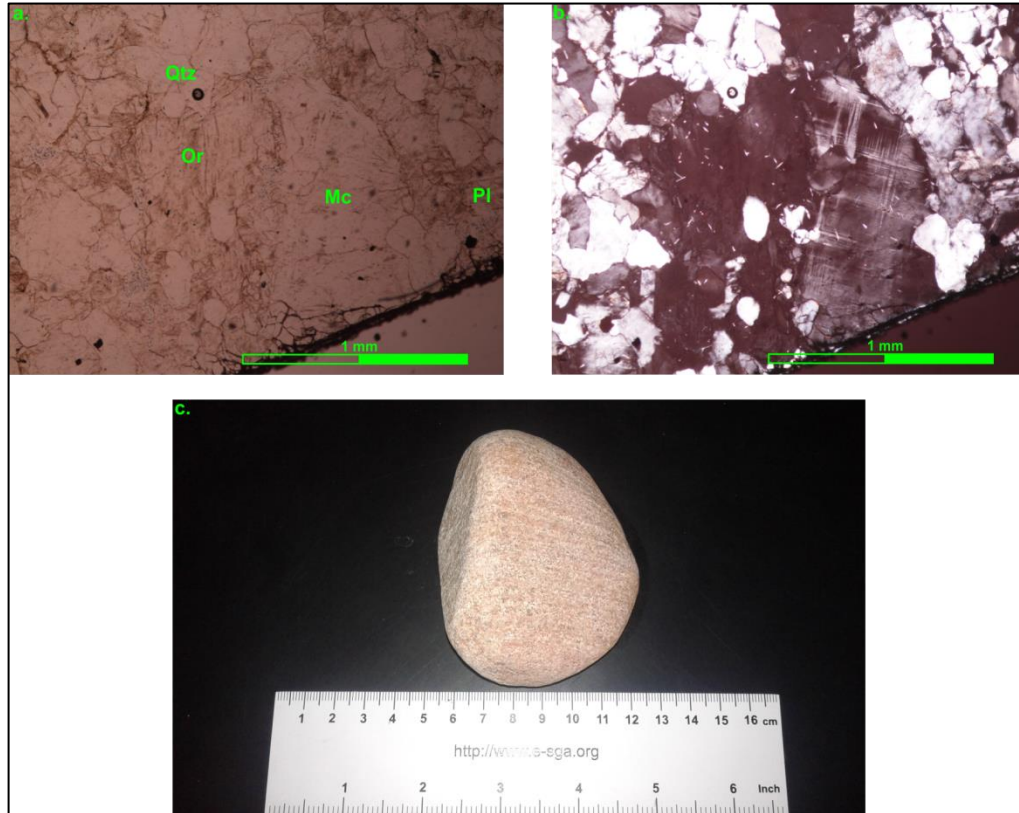


Microscópicamente el clasto se compone de matriz vítrea (46%), cuarzo (26%), subhedral, con tamaño de grano fino (0.16-0.6 mm). Plagioclasa (14%) subhedral a euhedral, cristales pequeños y tabulares, de tamaño fino (0.2-0.3 mm), con bajo grado de alteración a sericita, a excepción de la pertita donde el grado de seritización es mayor. Ortosa (11%), subhedral, con tamaño de grano variable (0.3-0.5 mm), como fenocristales (4 mm), se presenta con inclusiones de plagioclasa alterándose a sericita (textura pertítica) y cuarzo (textura mirmequítica), alterándose a sericita. Fragmentos de roca (3%), de tamaño variable (algunos llegan hasta 3 mm), podrían ser de rocas metamórficas (con contenido de cuarzo, feldespato y micas), por presentar ligera alineación de los filosilicatos. Como accesorios contiene óxidos de hierro y zircón. Texturalmente la roca es afanítica, hialocristalina, inequigranular, ligeramente porfídica, pertítica (Figura 29a y b) y mirmequítica. (Figura 28a y b).

La roca está compuesta en un 46% de matriz vítrea criptocristalina y el 54% de cristales y algunos fragmentos de roca, de tamaño variable de fino a medio (0.5-4 mm), de color gris claro; ígnea, afanítica, la roca corresponde a una toba cristalina de composición riolítica. Para mayor practicidad en la continuación del proyecto se definirá la muestra como **“Toba cristalina de color gris claro”**.

- **Muestra 8 (M8).**

**Figura 30.** Fotografías tomadas para la muestra **M8**. **a.** En sección delgada con aumento de 5X; en nicols paralelos, se observa cristales de cuarzo (Qtz), plagioclasa (Pl) y ortosa (Or) y microclina (Mc). **b.** En sección delgada con aumento de 5X; en nicols cruzados, se observan los colores de interferencia. **c.** Fotografía en muestra de mano.



El clasto es de color rosado, se presenta con bandas de color rosado y rosado pálido a blanco, bien redondeado, cristalino, el tamaño del grano es fino (0.4-0.5 mm), bien compacta, no meteorizado, contiene cuarzo, feldespato de color rosado y blanco, óxidos y algunos granos de color negro. Su estructura es néisica. (Figura 30c).

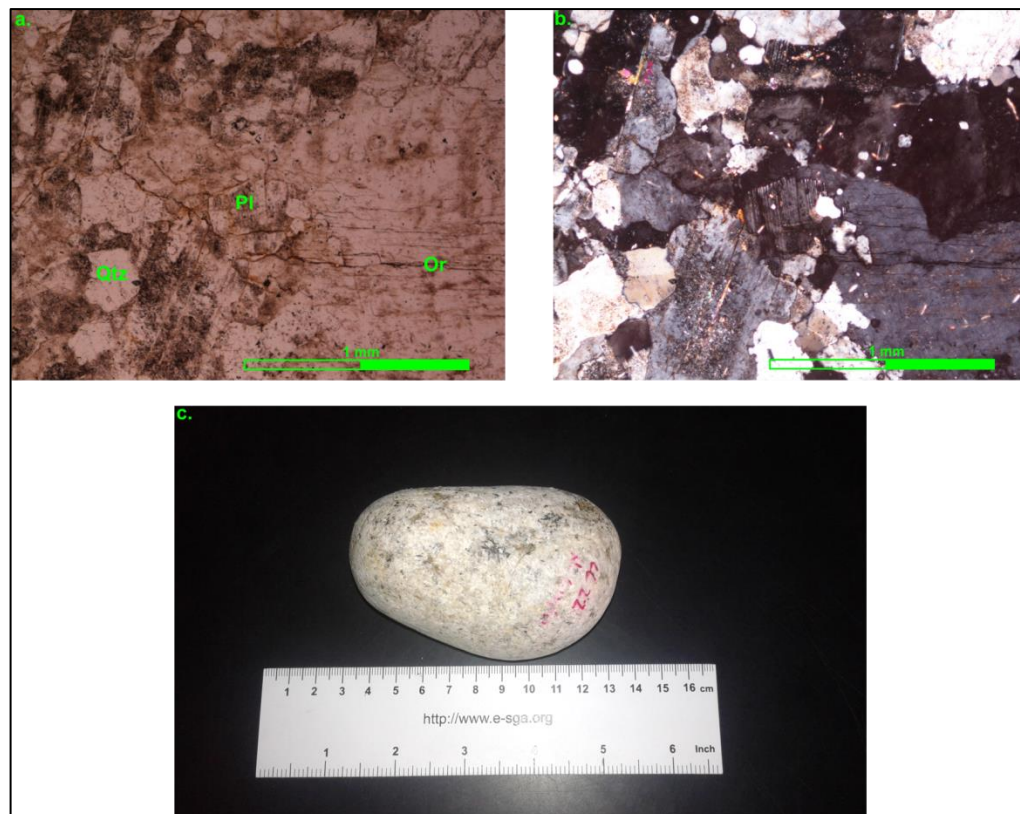
Microscópicamente el clasto se compone de cuarzo (40%), heteroblástico, xenoblástico, algunos presentan formas redondeadas de grano fino (0.1-0.4 mm), no se presenta con forma alargada. Plagioclasa (28%), heteroblástica, subdioblástica, de grano fino (0.25-0.6 mm), ligeramente alterada a sericita. Ortosa (22%), heteroblástica, xenoblástica y como porfidoblastos, de grano fino a medio (0.5-1.2 mm), ligeramente alterada a sericita. Microclina (7%), se presenta como porfidoblastos, de grano fino (1 mm), cristales subdioblásticos, sin alteración.

Biotita (3%), idioblástica, heteroblástica, como cristales alargados, de tamaño fino (0.2 mm), alterándose a clorita y presenta oxidación. Como accesorios presenta zircón, óxidos y minerales opacos (con formas definidas). Texturalmente la roca es grano-blástica. Cuarzo-feldespática con paragénesis: Qtz + Mc + Or + Bt + Pl; que corresponde a la facies anfibolita, de la zona Cianita-Almandino. (Figura 30a y b).

La roca presenta tamaño de grano fino (0.2-0.5 mm) con porfidoblastos (hasta de 1.2 mm), de color rosado, con estructura néisica. La roca corresponde a un neis cuarzo-feldespático, de grado medio a alto de metamorfismo. Para mayor practicidad en la continuación del proyecto se definirá la muestra como “**Neis rosado cuarzo-feldespático**”.

- **Muestra 9 (M9).**

**Figura 31.** Fotografías tomadas para la muestra **M9**. **a.** En sección delgada con aumento de 5X; en nicoles paralelos, se observa cristales de cuarzo (Qtz), plagioclasa (Pl) y ortosa (Or). **b.** En sección delgada con aumento de 5X; en nicoles cruzados, se observan los colores de interferencia. **c.** Fotografía en muestra de mano.



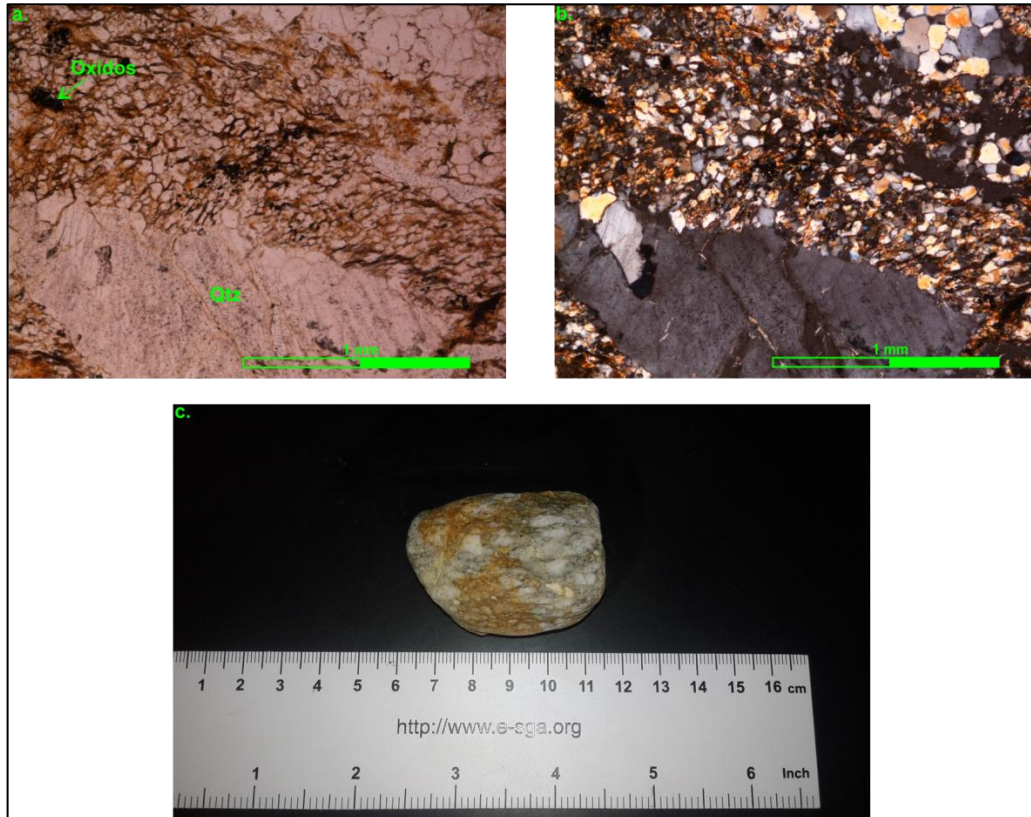
El clasto es de color blanco grisáceo, bien redondeado, cristalino, el tamaño de los cristales es variable de grano fino (0.5-2 mm), con algunos fenocristales tamaño medio a grueso (hasta 5 mm), posible oxidación de biotita, presenta baja meteorización, contiene cuarzo, cristales blancos de feldespato, biotita, moscovita y óxidos. Su estructura es masiva. (Figura 31c).

Microscópicamente el clasto se compone de cuarzo (33%) subhedral, con tamaño de grano fino (0.3-0.5 mm), y algunos fenocristales de grano medio. Ortosa (29%), subhedral, con tamaño de grano fino a medio (0.5-3 mm), se presenta alterándose a sericita. Plagioclasa (29%), subhedral a euhedral (de forma tabular), con tamaño de grano fino (0.5 mm), se presenta alterándose a sericita. Biotita (4%), se presenta oxidada en su mayoría y localmente alterándose a clorita, algunos cristales llegan hasta grano medio a grueso (5mm). Microclina (3%) subhedral a euhedral, se presenta con tamaño variable, de grano fino (0.3-0.5 mm) y algunos fenocristales hasta de 2 mm. Moscovita (2%), euhedral, se presenta como individuos hojosos de grano fino a muy fino. Como accesorios contiene óxidos. Texturalmente la roca es fanerítica, holocristalina, equigranular a ligeramente porfirítica, hipidiomórfica. (Figura 31a y b).

La roca presenta tamaño de grano fino (0.5-2 mm), de color blanco grisáceo, ígnea, fanerítica; composicionalmente la roca corresponde a un Monzogranito. Para mayor practicidad en la continuación del proyecto se definirá la muestra como **“Granito de grano fino blanco grisáceo”**.

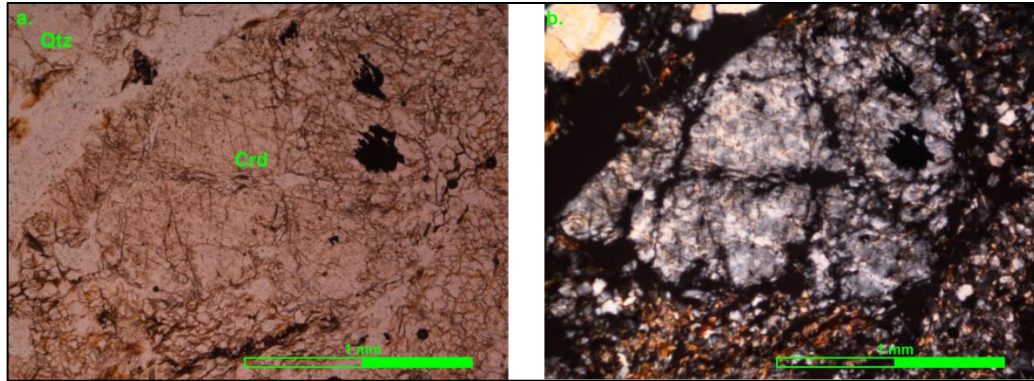
- **Muestra 10 (M10).**

**Figura 32.** Fotografías tomadas para la muestra **M10**. **a.** En sección delgada con aumento de 5X; en nicols paralelos, se observa cristales de cuarzo (Qtz), alargados y como porfidoblastos, rodeado por una matriz que contiene cristales de cuarzo más pequeños. **b.** En sección delgada con aumento de 5X; en nicols cruzados, se observan los colores de interferencia. **c.** Fotografía en muestra de mano.



El clasto es de color verde grisáceo con algunos cristales alargados de hasta 0.8 mm de color blanco, presenta en algunos sectores una cubierta anaranjada producto de la oxidación, bien redondeado, cristalino, el tamaño de los cristales es variable con porfidoblastos alargados (hasta 1 cm), en una matriz verde grisácea de tamaño de grano muy fino; presenta meteorización media, contiene porfidoblastos alargados en una matriz. Su estructura es milonítica. (Figura 32c).

**Figura 33.** Fotografías tomadas para la muestra **M10**. **a.** En sección delgada con aumento de 5X, en nicoles paralelos, se observa cuarzo (Qtz), y cordierita (Crd) como porfidoblasto. **b.** En sección delgada con aumento de 5X, en nicoles cruzados, se observan los colores de interferencia.



Microscópicamente el clasto se compone de cuarzo (63%), que se presenta de 2 tipos, el primero consta de porfidoblastos subidioblásticos, alargados producto de la deformación; el segundo tipo es de tamaño de grano muy fino (<0.1 mm), producto de la disminución del tamaño del grano ante el metamorfismo dinámico; se encuentra en la matriz. Micas Biotita cloritzada y moscovita (28%), contenidas en la matriz, le dan el brillo satinado a la muestra en la superficie de los planos de foliación, el tamaño del grano es muy fino. Cordierita (4%), aparece como porfidoblastos de grano fino a medio (0.5-1.7 mm), presenta alteración a sericita, algunos presentan ligera deformación producto de los esfuerzos (Figura 33a y b). Plagioclasa (3%), subidioblástica, contenida en la matriz, el tamaño de grano es fino a muy fino (<0.1 mm). Minerales opacos (2%), posibles óxidos de hierro o pirita, de tamaño de grano fino (0.2-0.3 mm), subidioblásticos e idioblásticos. Texturalmente la roca es cataclástica y porfidoblástica, de composición pelítica. (Figura 32a y b).

La roca presenta tamaño de grano variable la matriz es de grano muy fino (<0.1%) y los porfidoblastos de cordierita y cuarzo que llegan hasta 0.8 mm. El contenido de cordierita indica grado medio de metamorfismo y la deformación de los porfidoblastos indica el sometimiento a esfuerzos que ha presentado la roca; que corresponde a una protomilonita de probable origen néisico. Para mayor practicidad en la continuación del proyecto se definirá la muestra como **“Protomilonita néisica verde grisácea”**.

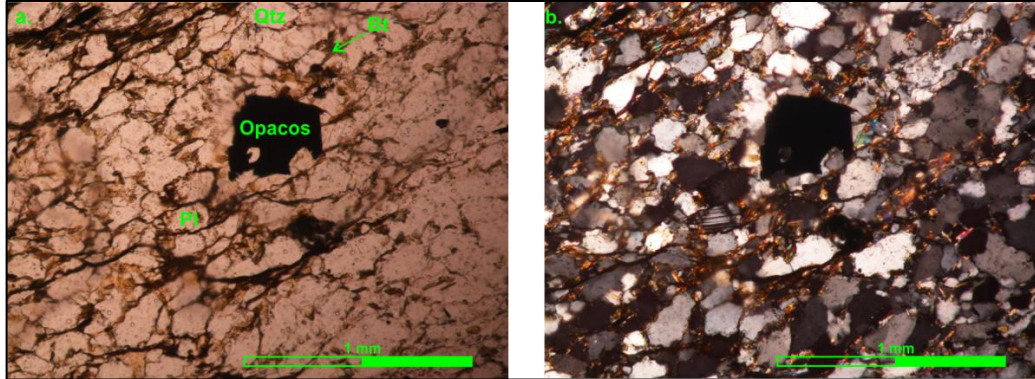
- **Muestra 11 (M11).**

**Figura 34.** Fotografías tomadas para la muestra **M11**. **a.** En sección delgada con aumento de 5X; en nicols paralelos, se observa cristales de cuarzo (Qtz) y micas. **b.** En sección delgada con aumento de 5X; en nicols cruzados, se observan los colores de interferencia. **c.** Fotografía en muestra de mano.



El clasto es de color verde grisáceo y presenta brillo satinado en su superficie, bien redondeado, cristalino, el tamaño de grano no es perceptible a simple vista, grano fino a muy fino, con algunos porfidoblastos de color negro (0.3-0.5 mm), presenta baja meteorización, su composición no es perceptible, brillo satinado sobre los planos de foliación, está fracturado y sobre los planos de fractura presenta oxidación. (Figura 34c).

**Figura 35.** Fotografías tomadas para la muestra **M11**. **a.** En sección delgada con aumento de 5X; en nicoles paralelos, se observa cuarzo (Qtz), plagioclasa (Pl), biotita (Bt), minerales opacos como microporfidoblastos. **b.** En sección delgada con aumento de 5X; en nicoles cruzados, se observan los colores de interferencia.

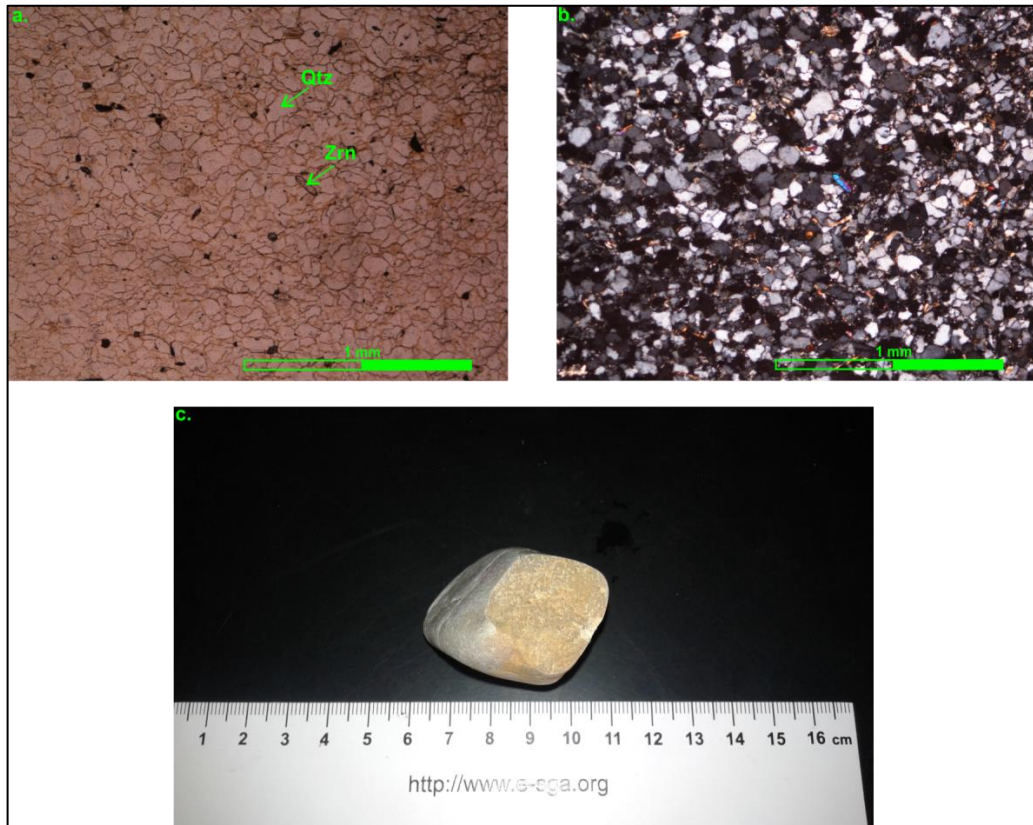


Microscópicamente el clasto se compone de cuarzo (49%), que se presenta de 2 tipos, el primero es heteroblástico, xenoblástico, de tamaño de grano fino (0.1-0.4 mm) y el otro tipo de cuarzo aparece rellenando venas, microcristalino en donde el contenido de biotita disminuye. Biotita (35%), subdioblástica, se presenta rodeando los cristales de cuarzo y plagioclasa, rellenando los espacios intergranulares, de tamaño de grano muy fino. Minerales opacos (10%) que pueden ser magnetita o pirita, subdioblásticos a idioblásticos, se presenta como porfidoblastos, de grano fino (0.2-0.5 mm) (Figura 35a y b). Plagioclasa (6%), subdioblástica, de tamaño de grano fino (0.1-0.3 mm), no presenta alteración. Como accesorios contiene moscovita y zircón. Texturalmente la roca es lepidogranoblástica. Pelítica con paragénesis: cuarzo + biotita + plagioclasa. Que corresponde a la facies esquistos verdes, de la zona del granate. (Figura 34a y b).

La roca presenta tamaño de grano fino (0.1-0.3 mm) con porfidoblastos (hasta de 0.5 mm), de color verde grisáceo, brillo satinado y desarrollo perfecto de la foliación. La roca corresponde a una filita con porfidoblastos de minerales opacos. Para mayor practicidad en la continuación del proyecto se definirá la muestra como **“Filita verde grisácea”**.

- **Muestra 12 (M12).**

**Figura 36.** Fotografías tomadas para la muestra **M12**. **a.** En sección delgada con aumento de 5X; en nicoles paralelos, se observa granos de cuarzo (Qtz) y zircón (Zrn). **b.** En sección delgada con aumento de 5X; en nicoles cruzados, se observan los colores de interferencia. **c.** Fotografía en muestra de mano.



El clasto es de color gris claro, bien redondeado, bien compacta, el tamaño del grano es homogéneo, tamaño de grano arena muy fina, presenta muy baja meteorización, su composición es principalmente de cuarzo y mica moscovita, la muestra se presenta muy compacta y los grano no son fácilmente identificables, indicando algún grado de cristalinidad, con algo de metamorfismo que la clasificaría como una meta-arenita. (Figura 36c).

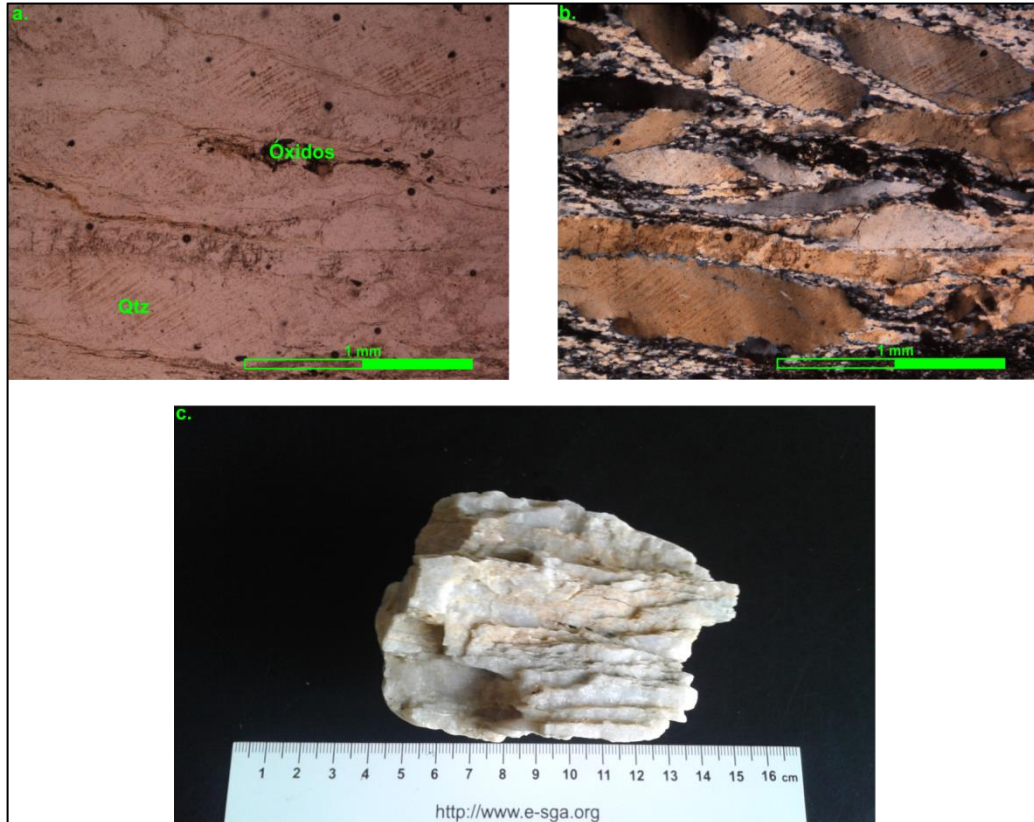
Microscópicamente el clasto se compone de cuarzo (67%), el tamaño de grano es arena muy fina (0.07-0.1 mm). Caolinita (8%) por alteración del feldespato, se observa como agregado microcristalino. Matriz (5%) arcillosa varía su contenido en algunos sectores de la muestra; en algunos sectores el porcentaje de matriz supera el 10% y el tamaño de los granos disminuye, en otros sectores la matriz es casi ausente. Cemento (6%) principalmente de cuarzo por sobrecrecimiento

(sintaxial) alrededor de los granos. Moscovita (6%), aumenta su contenido en los sectores donde se tiene mayor cantidad de matriz, de grano muy fino. Minerales opacos (3%), angulosos, de tamaño de grano muy fino. Fragmentos de roca sedimentaria (3%). Biotita (2%) presenta oxidación, tamaño de grano muy fino. Como accesorios contiene zircón. De forma general la muestra presenta tamaño de grano arena muy fina, la forma de los granos es subangular a subredondeados (producto de la recristalización), bien calibrada, el empaquetamiento es suturado en la mayoría de la muestra, pero en los lugares donde el contenido de matriz aumenta el empaquetamiento es flotante. (Figura 36a y b).

La roca presenta tamaño de grano arena muy fina, de color gris claro, muy compacta indicando que ha sufrido algún grado de metamorfismo. La roca corresponde a una meta-arenita de protolito Subarcosa de grano muy fino. Para mayor practicidad en la continuación del proyecto se definirá la muestra como **“meta-arenita de color gris claro”**.

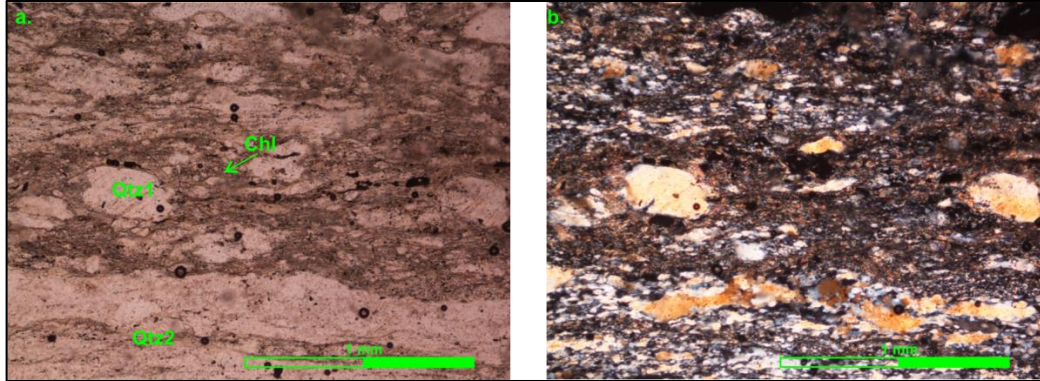
- **Muestra 13 (M13).**

**Figura 37.** Fotografías tomadas para la muestra **M13**. **a.** En sección delgada con aumento de 5X; en nicoles paralelos, se observa cristales de cuarzo (Qtz) de forma alargada como porfidoblastos y cristales más pequeños y óxidos. **b.** En sección delgada con aumento de 5X; en nicoles cruzados, se observan los colores de interferencia. **c.** Fotografía en muestra de mano.



El clasto es de color blanco y en algunos sectores ligeramente verdosos, redondeado a bien redondeado, el tamaño del grano no es perceptible en muestra de mano, presenta una marcada foliación, se compone principalmente de cuarzo, con estructura esquistosa de láminas gruesas y finas que podrían tener la misma composición y estructura milonítica. (Figura 37c).

**Figura 38.** Fotografías tomadas para la muestra **M13**. **a.** En sección delgada con aumento de 5X, en nicols paralelos, se observa cuarzo 1 (Qtz1) y cuarzo 2 (Qtz2), clorita (Chl). **b.** En sección delgada con aumento de 5X, en nicols cruzados, se observan los colores de interferencia.

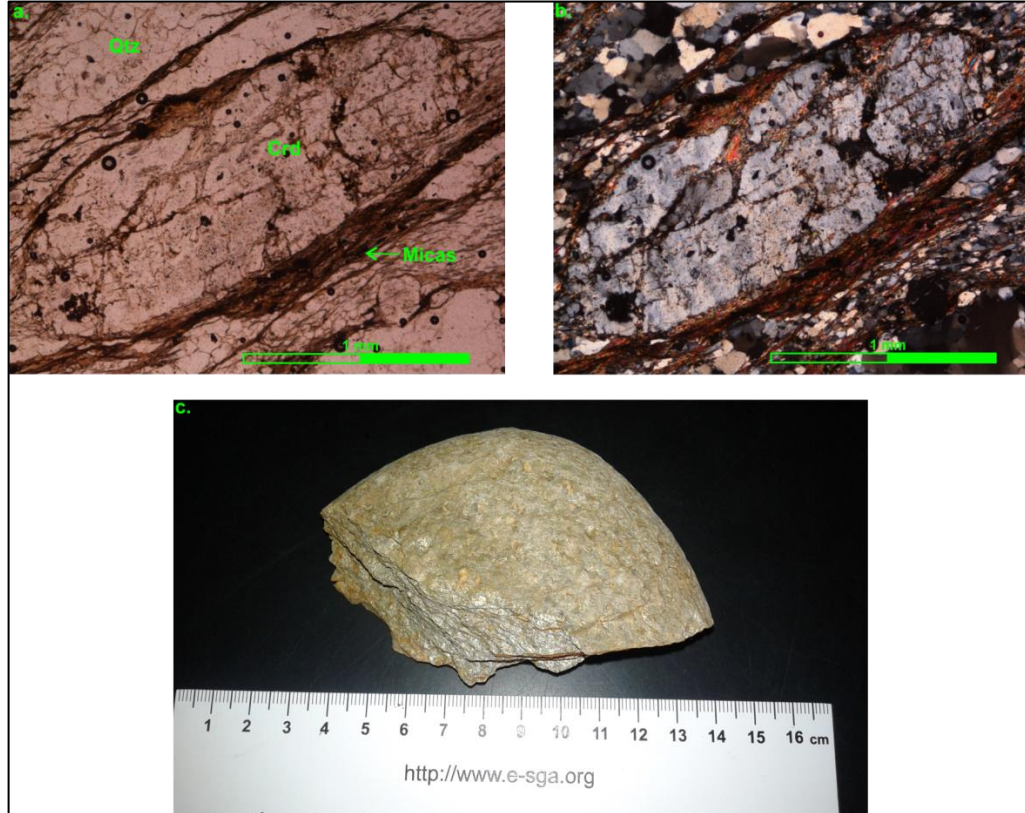


Microscópicamente el clasto se compone de cuarzo (81%), heteroblástico, xenoblástico, que se presenta de 2 generaciones, el cuarzo 1, se presenta de forma alargada y con sombras de presión, producto de la deformación dúctil que ha sufrido, como porfidoblastos y su tamaño es de grano fino a medio (0.3-3 mm). El cuarzo 2, se presenta microcristalino, en la matriz, rellenando los espacios entre los porfidoblastos de cuarzo 1, el tamaño es de grano muy fino. Clorita (17%), se presenta como agregados microcristalinos intercalado con láminas compuestas por cuarzo microcristalino, que componen la matriz (Figura 38a y b). Plagioclasa (2%), subdioblástica, como porfidoblastos, de tamaño de grano fino (0.3-0.5 mm). Como accesorios contiene zircón y minerales opacos. El porcentaje de matriz es de 55% a 65%. Texturalmente la roca es cataclástica y porfidoblástica. (Figura 37a y b).

La roca presenta tamaño de grano variable, la matriz es de grano muy fino (<0.1%) y los porfidoblastos de cuarzo son de grano fino a medio (0.3-3 mm) de forma alargada indicando el sometimiento a esfuerzos que ha presentado la roca; que corresponde a una mesomilonita de composición cuarzosa. Para mayor practicidad en la continuación del proyecto se definirá la muestra como “**cuarzo-mesomilonita blanca**”.

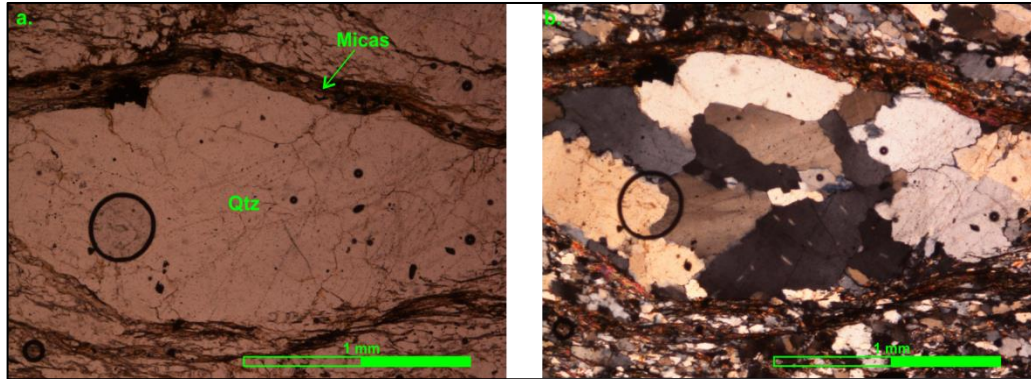
- **Muestra 14 (M14).**

**Figura 39.** Fotografías tomadas para la muestra **M14**. **a.** En sección delgada con aumento de 5X, en nicols paralelos, se observa cristales de cuarzo (Qtz), cordierita (Crd) y micas. **b.** En sección delgada con aumento de 5X, en nicols cruzados, se observan los colores de interferencia. **c.** Fotografía en muestra de mano.



El clasto es de color verde grisáceo y presenta brillo satinado en su superficie, bien redondeado, cristalino, el tamaño del grano en su mayoría no es perceptible a excepción de los porfidoblastos alargados en dirección de la foliación de color blanco, que llegan a medir hasta 5 mm, presenta meteorización media, con oxidación en algunas fracturas, su composición no es fácil de establecer en muestra de mano, aunque su brillo satinado es un indicador de el alto contenido de micas que puede tener. Presenta estructura esquistosa bien desarrollada. (Figura 39c).

**Figura 40.** Fotografías tomadas para la muestra **M14**. **a.** En sección delgada con aumento de 5X, en nicolos paralelos, se observa cuarzo 1 (Qtz1) y micas. **b.** En sección delgada con aumento de 5X, en nicolos cruzados, se observan los colores de interferencia.

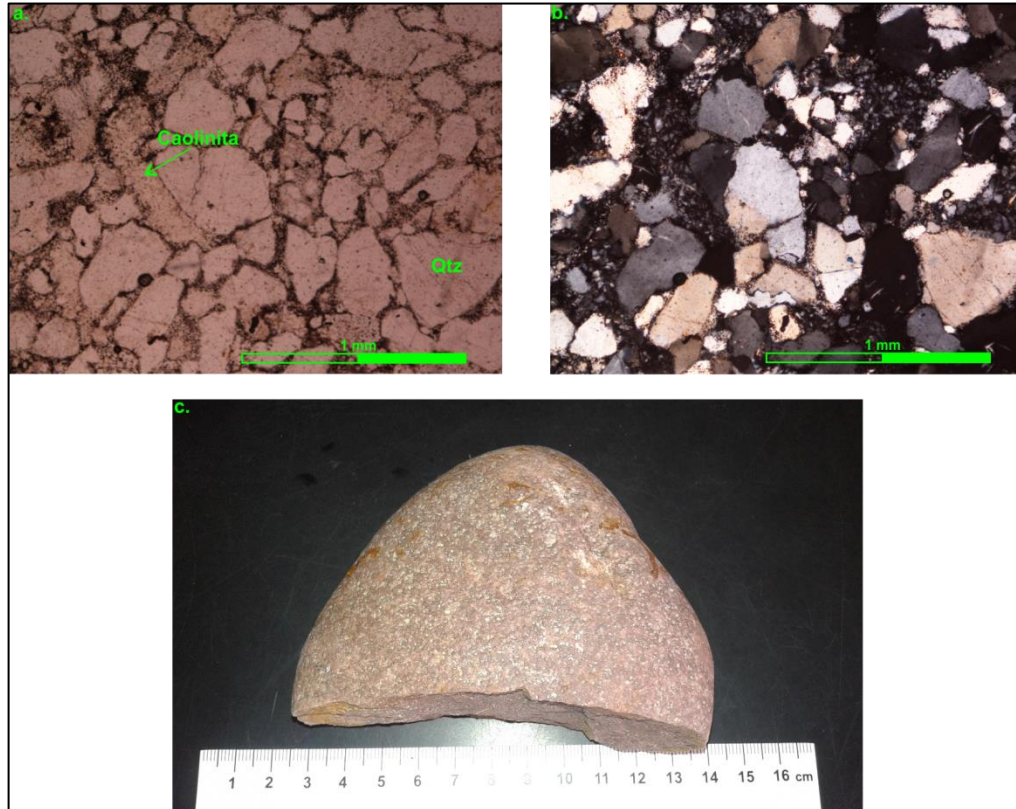


Microscópicamente el clasto se compone de cuarzo (61%), se presenta de dos tipos, el primero como porfidoblastos policristalinos (Figura 40a y b) y monocristalinos, de forma alargada producto de los esfuerzos que ha sufrido la roca ante un posible evento de metamorfismo dinámico, xenoblásticos, el tamaño de los cristales llega hasta grano grueso (5 mm). El segundo tipo se presenta como cristales contenidos en una matriz, xenoblásticos, de tamaño de grano fino y en algunos casos muy fino. Micas (31%), biotita y moscovita, contenidas en la matriz, de tamaño de grano muy fino, que dificulta su identificación, aparece bordeando los porfidoblastos de cuarzo y cordierita. Cordierita (6%), se presenta como porfidoblastos que pueden llegar hasta 4 mm, rodeados por micas y con deformación producto del posible evento metamórfico. Plagioclasa (2%), se presenta como porfidoblastos que llegan hasta 0.5 mm, subidioblástica. Como accesorios contiene opacos (posible pirita) y zircón. Texturalmente la roca lepidogranoblástica, Pelítica, con paragénesis: cuarzo + biotita + cordierita + moscovita + plagioclasa; que corresponde a la facies anfibolita, de la zona andalucita-almandino. (Figura 39a y b).

La roca presenta tamaño de grano fino (0.1-0.3 mm) con porfidoblastos de cordierita y cuarzo (hasta 5 mm), brillo satinado y desarrollo perfecto de la foliación. El contenido de cordierita indica grado medio de metamorfismo y la deformación de los porfidoblastos indica el sometimiento a esfuerzos que ha presentado la roca; que corresponde a un esquisto con porfidoblastos de cordierita y cuarzo. Para mayor practicidad en la continuación del proyecto se definirá la muestra como **“Esquisto verde grisáceo con porfidoblastos”**.

- **Muestra 15 (M15).**

**Figura 41.** Fotografías tomadas para la muestra **M15**. **a.** En sección delgada con aumento de 5X; en nicoles paralelos, se observa granos de cuarzo (Qtz), caolinita (como cemento arcilloso). **b.** En sección delgada con aumento de 5X; en nicoles cruzados, se observan los colores de interferencia. **c.** Fotografía en muestra de mano.



El clasto es de color morado rojizo, bien redondeado, el tamaño del grano es arena media (0.3-0.5 mm), presenta muy baja meteorización, su composición es de cuarzo, y algunos grano blancos posibles feldespatos o matriz arcillosa, mica moscovita. (Figura 41c).

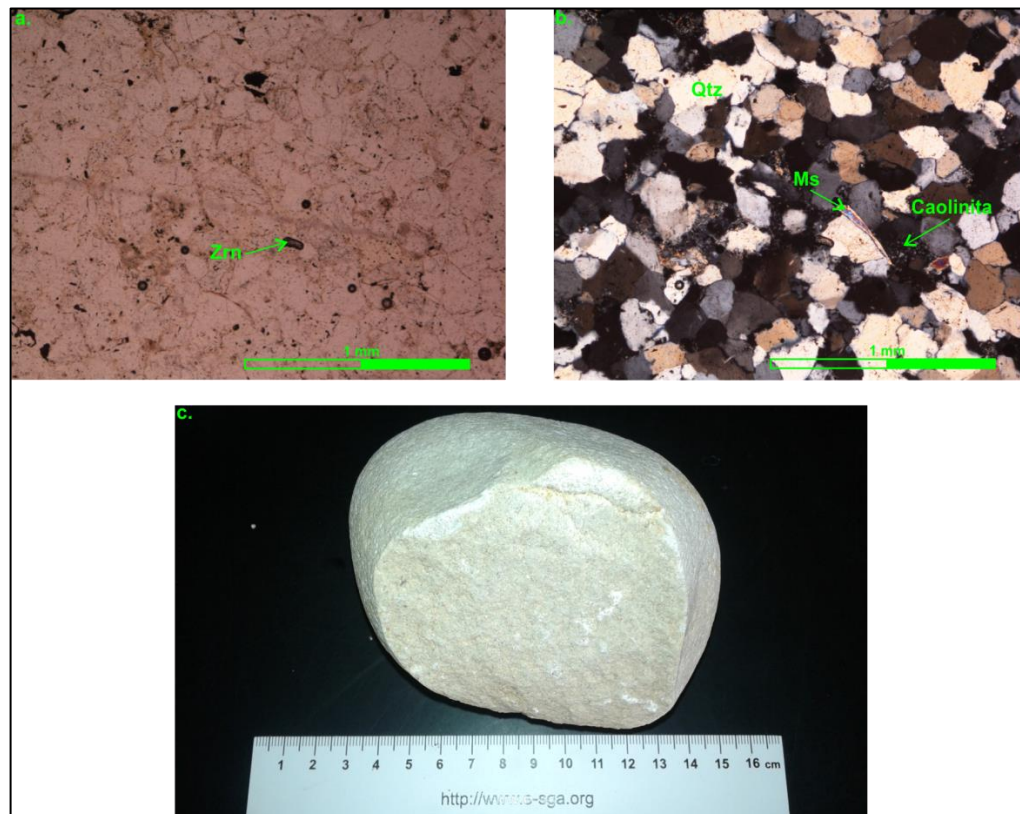
Microscópicamente el clasto se compone de cuarzo (61%) subangular a subredondeado, el tamaño del grano es arena fina a media (0.16-0.5 mm). Caolinita (22%), posible alteración del feldespato que ha sido remplazado en su totalidad por la caolinita recristalizada, ó; como cemento arcilloso, microcristalino, por recristalización de arcillas. Matriz (11%) de color pardo al microscopio en nicoles paralelos. Cemento silíceo (sintaxial) (4%) por sobrecrecimiento alrededor de los granos. Moscovita (1%), de grano fino, distribuidos aleatoriamente en la muestra. Fragmentos de roca sedimentaria (1%). Como accesorios contiene

granos de Zircón. De forma general la muestra presenta tamaño de grano arena media (0.3-0.5 mm), la forma de los granos es subangular a angular, moderadamente calibrada, texturalmente la roca es inmadura, el empaquetamiento es completo. (Figura 41a y b).

La roca presenta tamaño de grano arena media, de color morado rojizo, el caolín que contiene puede ser por remplazamiento de feldespato o por recristalización de minerales arcillosos contenidos en la matriz. La roca corresponde a una arcosa de grano medio. Para mayor practicidad en la continuación del proyecto se definirá la muestra como “**Arcosa morada rojiza de grano medio**”.

- **Muestra 16 (M16).**

**Figura 42.** Fotografías tomadas para la muestra **M16**. **a.** En sección delgada con aumento de 5X; en nicols paralelos, se observa un grano de zircón (Zrn). **b.** En sección delgada con aumento de 5X; en nicols cruzados, se observan los colores de interferencia y granos de cuarzo (Qtz), moscovita (Ms), Caolinita. **c.** Fotografía en muestra de mano.



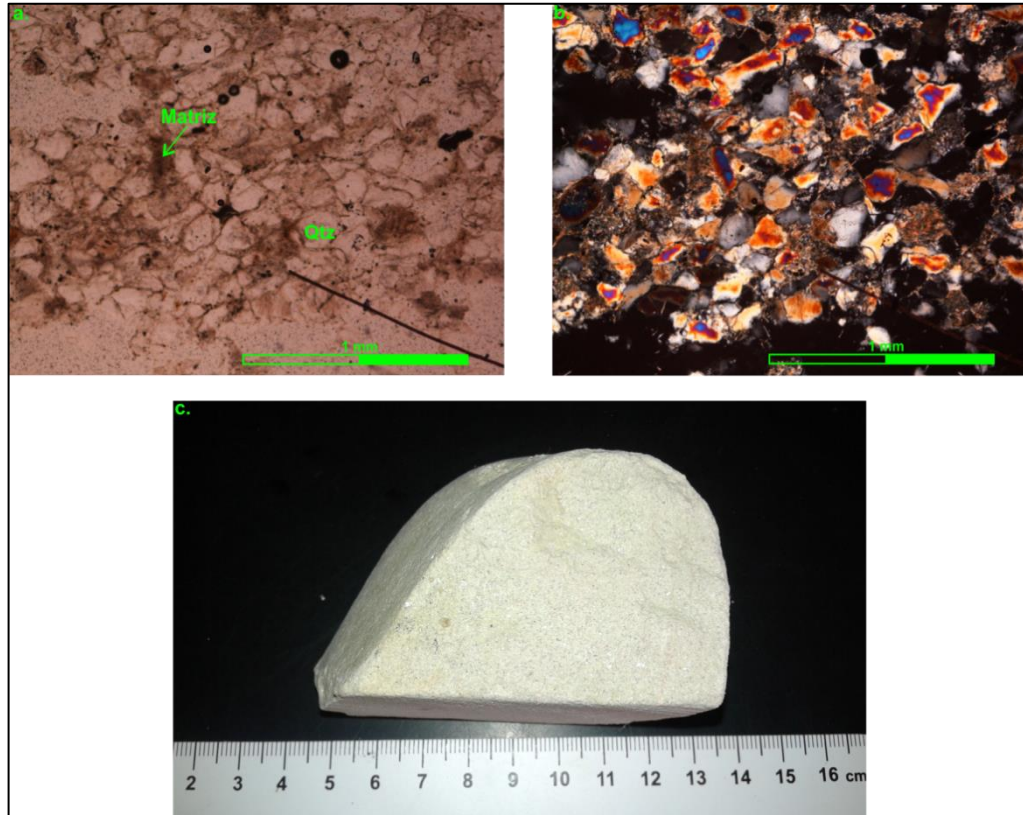
El clasto es de color blanco, bien redondeado, el tamaño del grano es en su mayoría arena fina a media (0.2-0.5 mm), presenta baja meteorización, se compone de cuarzo, mica moscovita, contiene fragmentos de roca de color negro. (Figura 42c).

Microscópicamente el clasto se compone de cuarzo (78%), subredondeado, el tamaño de grano es arena fina a media (0.2-0.5 mm) con algunos grano que llegan hasta arena gruesa (1 mm) presentan sobrecrecimiento en los bordes de cemento (sintaxial). Moscovita (8%), se presenta como granos alargados y hojosos, aleatoriamente en la muestra. Caolinita (8%) se presenta como agregados microcristalinos, posiblemente por alteración y remplazamiento del feldespato o por recristalización de arcillas contenidas en la matriz. Fragmentos de rocas metamórfica (6%), de tamaño de grano muy fino, micácea, posiblemente filita o pizarra. Como accesorios contiene zircón. La matriz es casi ausente, posiblemente recristalizaron los minerales arcillosos a caolinita y se presentan como cemento arcilloso. El cemento es principalmente silíceo por sobrecrecimiento de los grano de cuarzo. El tamaño de grano promedio en la muestra es arena fina a media (0.2-0.5 mm), la forma de los grano es subredondeada, bien calibrada, texturalmente la roca es madura, presenta empaquetamiento cerrado. (Figura 42a y b).

La roca presenta tamaño de grano arena fina a media, de color blanco, el caolín que contiene puede ser feldespato o por recristalización de minerales arcillosos contenidos en la matriz. La roca corresponde a una subarcosa de grano fino a medio. Para mayor practicidad en la continuación del proyecto se definirá la muestra como **“Subarcosa blanca de grano fino a medio”**.

- **Muestra 17 (M17).**

**Figura 43.** Fotografías tomadas para la muestra **M17**. **a.** En sección delgada con aumento de 5X; en nicols paralelos, se observa granos de cuarzo (Qtz) y matriz. **b.** En sección delgada con aumento de 5X; en nicols cruzados, se observan los colores de interferencia. **c.** Fotografía en muestra de mano.



El clasto es de color blanco, bien redondeado, el tamaño del grano es arena fina (0.16 mm), presenta meteorización media, su composición es principalmente de cuarzo, partículas tamaño limo o arcilla que hacen que la roca se disgregue con relativa facilidad, también contiene mica moscovita y fragmentos de roca de color negro y rojizos. (Figura 43c).

Debido al alto contenido de matriz arcillosa y la facilidad que presenta el clasto para disgregarse, se hizo difícil la realización de la sección delgada; fue necesario dejarla con un grosor superior a 30 micras, para evitar que la sección se borrara en su totalidad y de esta manera poder extraer algo de información textural y composicional que se pudiera reconocer. Debido a su grosor los colores de interferencia para algunos granos y en algunos sectores de la sección no coinciden en su totalidad, pero realizando una comparación con algunos sectores

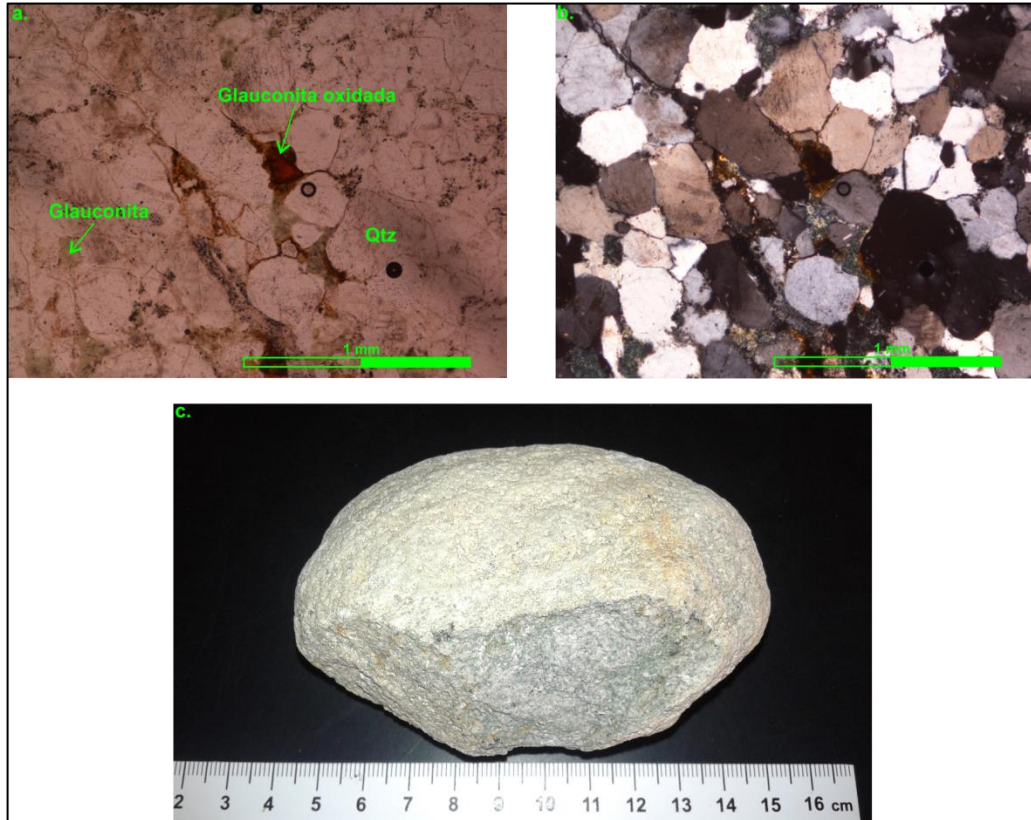
que si llegaron a su espesor estándar se determinó a que componente correspondía.

Microscópicamente el clasto se compone de cuarzo (62%), subredondeado, el tamaño del grano es arena fina (0.16 mm), en algunos granos se observa sobrecrecimiento de sílice (cemento sintaxial). Matriz (32%), de composición arcillosa, de color pardo al microscopio en nicoles paralelos. Moscovita (6%), se presenta como granos alargados y hojosos, distribuidos aleatoriamente en la muestra. Como accesorios contiene zircón. Los fragmentos de roca color negro observados en la muestra de mano, fueron removidos en su totalidad de la lámina. De forma general la muestra presenta tamaño de grano promedio arena fina (0.16 mm), su forma es subredondeada, bien calibrada, texturalmente la roca es inmadura, el empaquetamiento es tangencial y puntual. (Figura 43a y b).

La roca presenta tamaño de grano arena fina (0.16 mm), de color blanco, el contenido de matriz arcillosa es 32% que hace que la roca se disgregue con facilidad. La roca corresponde a una cuarzo-grauvaca de grano fino. Para mayor practicidad en la continuación del proyecto se definirá la muestra como “**Cuarzo-grauvaca blanca de grano fino**”.

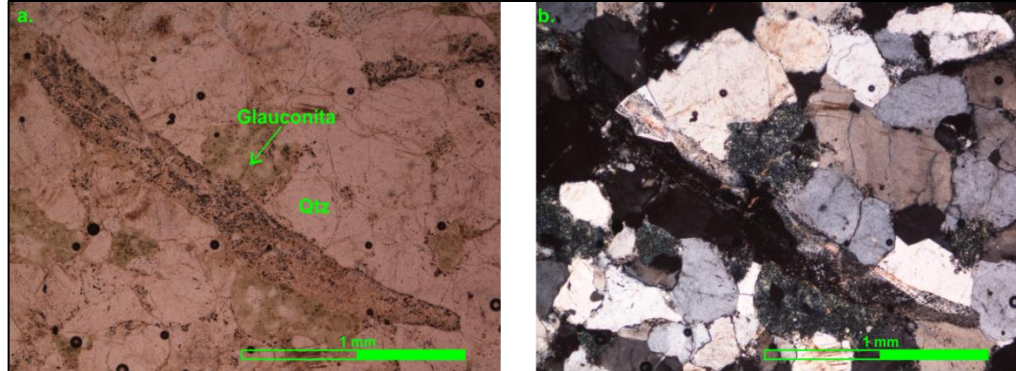
- **Muestra 18 (M18).**

**Figura 44.** Fotografías tomadas para la muestra **M18**. **a.** En sección delgada con aumento de 5X; en nicoles paralelos, se observa granos de cuarzo (Qtz), glauconita y glauconita oxidada. **b.** En sección delgada con aumento de 5X; en nicoles cruzados, se observan los colores de interferencia. **c.** Fotografía en muestra de mano.



El clasto es de color verde grisáceo claro, bien redondeado, el tamaño del grano es arena gruesa a muy gruesa, presenta meteorización media, producto de la meteorización y oxidación de la glauconita; la muestra se compone de cuarzo, fragmentos blancos alargados (posibles bioclastos), glauconita de color verde oliva oscuro, en algunos sectores se encuentra oxidada, se presenta como grano individuales y también rellenando espacios. (Figura 44c).

**Figura 45.** Fotografías tomadas para la muestra **M18**. **a.** En sección delgada con aumento de 5X; en nicoles paralelos, se observa cuarzo (Qtz) y glauconita. **b.** En sección delgada con aumento de 5X; en nicoles cruzados, se observan los colores de interferencia.



Microscópicamente el clasto se compone de cuarzo (66%), redondeado a subredondeado, el tamaño del grano va desde arena media a muy gruesa (0.4-1.2 mm), presentan sobrecrecimiento de sílice (cemento sintaxial). Glauconita (25%), se presenta como granos individuales redondeados o rellenando espacios, el tamaño del grano es arena media a gruesa (0.4-1 mm), limpia (Figura 45a y b) y en algunos granos con oxidación casi total en nicoles paralelos, de color verde muy claro y el nicoles cruzados de color verde grisáceo, como agregado microcristalino, de apariencia terrosa, la glauconita oxidada, se observa de color marrón claro en nicoles paralelos y en cruzados conserva la misma coloración algo verdosa en algunos sectores, contiene algunos granos de cuarzo en su interior. Posibles bioclastos (7%), corresponden a formas tubulares alargadas sobrepuestas en la sección, lo que hace pensar que podría tratarse de impurezas dejadas durante la realización de la sección o al colocarse el cubreobjeto, aunque al observarse la muestra de mano se observan componentes con las mismas características de forma, tamaño y de color blanco, distribuidos al azar en la muestra; algunos pueden mediar hasta 2.5 mm. Moscovita (1%), se presenta como individuos hojosos, alargados y escasos en la muestra. Fragmentos de roca sedimentaria (1%). El cemento es de sílice por sobrecrecimiento alrededor de los granos (cemento sintaxial). De forma general la muestra presenta tamaño de grano promedio arena gruesa (0.5-0.7 mm), su forma es redondeados a subredondeada, bien calibrada, texturalmente la roca es súper madura, el empaquetamiento es completo. (Figura 44a y b).

La roca presenta tamaño de grano arena gruesa (0.5-0.7 mm), de color verde grisáceo, el contenido de glauconita es de 25% de color verde muy claro y algunos granos oxidados. La roca corresponde a una cuarzo-arenisca glauconítica. Para mayor practicidad en la continuación del proyecto se definirá la muestra como “**Cuarzo-arenisca glauconítica de grano grueso**”.

- **Muestra 19 (M19).**

**Figura 46.** Fotografía tomada a la muestra **M19**, en muestra de mano.



El clasto es de color rojo pálido algo rosáceo, bien redondeado, el tamaño del grano es principalmente limo aunque presenta granos tamaño arena media (cuarzo), presenta meteorización alta, está compuesto por un material rojo pálido que corresponde a la matriz (arcillo-limosa), (45%), cuarzo (27%), feldespato (23%) y mica moscovita (5%). El alto contenido de matriz puede deberse al alto grado de meteorización del clasto, por meteorización de los feldespatos, a minerales arcillosos. La roca es moderadamente calibrada, texturalmente inmadura, la forma de los granos de cuarzo es subredondeada a subangular, con empaquetamiento flotante. Se hizo una aproximación a la clasificación de la roca como una grauvaca feldespática. Para mayor practicidad en la continuación del proyecto se definirá la muestra como “**Grauvaca feldespática de color rojo pálido**”. (Figura 46).

- **Muestra 20 (M20).**

**Figura 47.** Fotografía tomada a la muestra **M20**, en muestra de mano.



El clasto es de color marrón rojizo, bien redondeado, el tamaño del grano es limo, presenta algunos granos de cuarzo de tamaño arena fina a muy fina, algunos fragmentos de mica moscovita, moderadamente meteorizado, compuesta por material tamaño limo (84%), cuarzo (14%) y mica moscovita (2%). Se hizo una aproximación a la clasificación de la roca como una limolita. Para mayor practicidad en la continuación del proyecto se definirá la muestra como “**Limolita marrón rojiza**”. (Figura 47).

- **Muestra 21 (M21).**

**Figura 48.** Fotografía tomada a la muestra **M21**, en muestra de mano.



El clasto es de color rojo, bien redondeado, el tamaño del grano es arena medio (0,25 mm), ligeramente gravosa, con guijos de cuarzo hasta de 5mm y gránulos de 2mm. Presenta meteorización media, está compuesto por cuarzo (65%), feldespato (30%), fragmentos de roca (3%) y mica moscovita (2%). Los fragmentos de roca son de color negro, no identificables con lupa de mano; el clasto está bien calibrado, los granos son redondeados, con empaquetamiento cerrado y texturalmente madura. Se hizo una aproximación a la clasificación de la roca como una arcosa. Para mayor practicidad en la continuación del proyecto se definirá la muestra como **“Arcosa roja de grano medio ligeramente gravosa”**. (Figura 48).

- **Muestra 22 (M22).**

**Figura 49.** Fotografía tomada a la muestra **M22**, en muestra de mano.



El clasto es de color gris violáceo, bien redondeado, el tamaño del grano es guijos (5mm), gránulos de 2 a 4 milímetros y arena gruesa, presenta baja meteorización, contiene cuarzo (70%), feldespatos de color rojo- púrpura (20%), fragmentos de roca de color negro (10%); mal calibrado la forma de los granos es redondeada a subredondeada, con empaquetamiento cerrado, el clasto es muy duro y compacto. Se hizo una aproximación a la clasificación de la roca como un conglomerado de composición arcosa- lítica. Para mayor practicidad en la continuación del proyecto se definirá la muestra como **“Conglomerado de gránulos y guijos gris violáceo”**. (Figura 49).

- **Muestra 23 (M23).**

**Figura 50.** Fotografía tomada a la muestra **M23**, en muestra de mano.



El clasto es de color blanco grisáceo, bien redondeado, el tamaño del grano es variable, va desde guijos de 11mm hasta arena media, presenta baja meteorización, con algunos sectores oxidados, está compuesto por cuarzo de color gris, blanco y transparente (85%), presenta matriz areno-lodosa de color blanca (15%). La forma de los clastos es subangulosa a angulosa, mal calibrado, con empaquetamiento tangente. Se hizo una aproximación a la clasificación de la roca como un conglomerado de composición cuarzosa. Para mayor practicidad en la continuación del proyecto se definirá la muestra como “**Conglomerado arenoso blanco grisáceo**”. (Figura 50).

- **Muestra 24 (M24).**

**Figura 51.** Fotografía tomada a la muestra **M24**, en muestra de mano.



El clasto es de color blanco, bien redondeado, el tamaño del grano es arena media, no presenta meteorización, aunque en algunos sectores se observa oxidación, está compuesto de cuarzo (96%), fragmentos de roca de color negro (3%) y mica moscovita (1%). La forma de los clastos es redondeada, bien calibrada, con empaquetamiento cerrado. Se hizo una aproximación a la clasificación de la roca como una cuarzo-arenisca. Para mayor practicidad en la continuación del proyecto se definirá la muestra como “**Cuarzo-arenisca blanca de grano medio**”. (Figura 51).

- **Muestra 25 (M25).**

**Figura 52.** Fotografía tomada a la muestra **M25**, en muestra de mano.



El clasto es de color blanco el tamaño del grano no es fácil de reconocer debido al alto grado de compactación que tiene la roca, probablemente producto de algún grado de metamorfismo, solo en algunos sectores se pueden identificar granos tamaño arena media. De forma general la muestra presenta fractura concoidea, está compuesta por cuarzo (96%), mica moscovita (4%), no presenta meteorización, presenta estructura masiva y el empaquetamiento es suturado. Se hizo una aproximación a la clasificación de la roca como una meta-arenisca de composición cuarzosa. Para mayor practicidad en la continuación del proyecto se definirá la muestra como “**Meta-arenisca blanca**”. (Figura 52).

- **Muestra 26 (M26).**

**Figura 53.** Fotografía tomada a la muestra **M26**, en muestra de mano.



El clasto es de color verde grisáceo, bien redondeado, el tamaño del grano es arena fina a media, presenta alto grado de meteorización, su composición es de cuarzo (65%), glauconita (30%) de color verde oliva oscuro, que no presenta signos de oxidación y bioclastos (5%), de conchillas, algunas bien conservadas y fragmentos de conchillas. Los granos son bien redondeados, la muestra está bien calibrada, porosa (15%), con empaquetamiento tangente. Se hizo una aproximación a la clasificación de la roca como una cuarzo-arenisca glauconítica. Para mayor practicidad en la continuación del proyecto se definirá la muestra como **“Cuarzo-arenisca glauconítica de grano fino a medio con bioclastos”**. (Figura 53).

- **Muestra 27 (M27).**

**Figura 54.** Fotografía tomada a la muestra **M27**, en muestra de mano.



El clasto es de color blanco grisáceo algo rojizo (producto de la oxidación), el tamaño del grano es arena fina, presenta meteorización baja, contiene cuarzo (88%), glauconita (8%) de color verde oliva oscuro que se presenta como granos individuales, alguno de ellos oxidados, mica moscovita (4%). La forma de los granos es redondeada, bien calibrada con empaquetamiento cerrado. Se hizo una aproximación a la clasificación de la roca como una Cuarzo-arenisca con glauconita. Para mayor practicidad en la continuación del proyecto se definirá la muestra como **“Cuarzo-arenisca con glauconita de grano fino”**. (Figura 54).

- **Muestra 28 (M28).**

**Figura 55.** Fotografía tomada a la muestra **M28**, en muestra de mano.



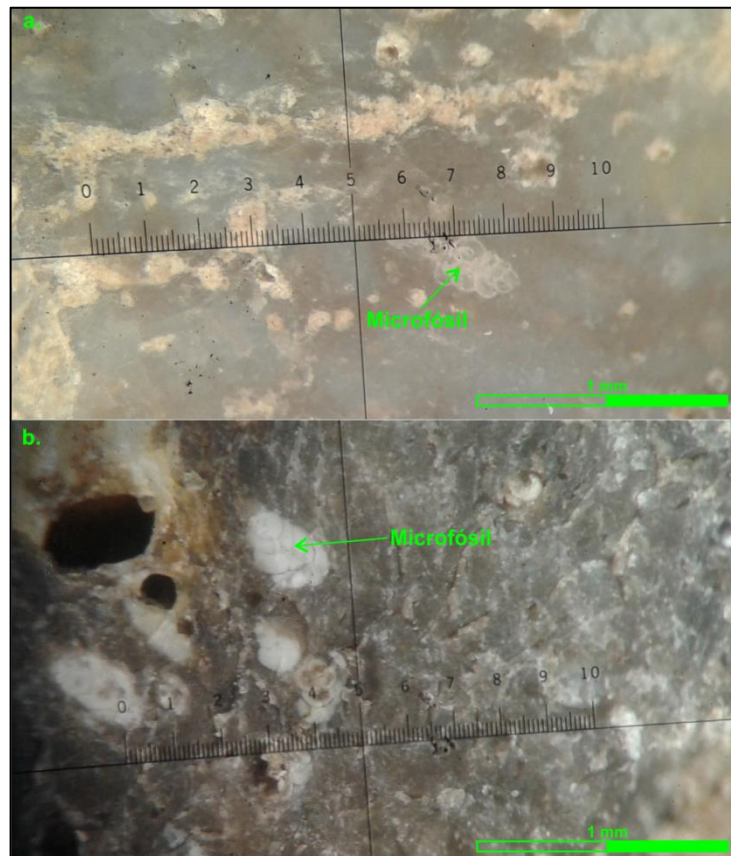
El clasto es de color gris verdoso, subredondeado, el tamaño del grano es arena media, con algunos gránulos de hasta 2 mm, presenta meteorización media, con oxidación en la parte exterior, contiene cuarzo de color grisáceo (60%), feldespato de color blanco (30%), fragmentos de roca de color negro (5%) y mica moscovita (5%). El clasto es bien calibrado, los granos son redondeados a subredondeados, con empaquetamiento cerrado. Se hizo una aproximación a la clasificación de la roca como una Arcosa. Para mayor practicidad en la continuación del proyecto se definirá la muestra como **“Arcosa gris de grano medio ligeramente gravosa”**. (Figura 55).

- **Muestra 29 (M29).**

**Figura 56.** Fotografía tomada a la muestra **M29**, en muestra de mano.



**Figura 57.** Fotografía tomada a la muestra **M29**. **a y b.** Se observan microfósiles de posibles foraminíferos.



El clasto es de color negro en la parte interna y hacia los bordes es de color beige, el tamaño del grano no es perceptible con lupa de mano. La parte negra presenta brillo vítreo con fractura concoidea. Contiene fósiles de foraminíferos (Figura 57a y b). La parte beige presenta alta porosidad (30%-35%). En el material de color negro se observan microfósiles de posibles foraminíferos. Se hizo una aproximación a la clasificación de la roca como un Chert intercalado con arcillolita beige o Chert meteorizado. Para mayor practicidad en la continuación del proyecto se definirá la muestra como **“Chert negro”**. (Figura 56).

- **Muestra 30 (M30).**

**Figura 58.** Fotografía tomada a la muestra **M30**, en muestra de mano.



El clasto es de color gris claro a beige, bien redondeado el tamaño del grano es imperceptible, altamente meteorizada con porosidad alta (30%-35), muy liviano. Se hizo una aproximación a la clasificación de la roca como una porcelanita meteorizada o arcillolita. Para mayor practicidad en la continuación del proyecto se definirá la muestra como **“Porcelanita meteorizada o arcillolita”**. (Figura 58).

- **Muestra 31 (M31).**

**Figura 59.** Fotografía tomada a la muestra **M31**, en muestra de mano.



El clasto es de color gris oscuro, redondeado, el tamaño del grano es imperceptible por posible recrystalización, muy compacto y duro presenta fractura concoidea, con estructura masiva contiene cuarzo (94%) y óxidos de color anaranjados (6%). Se hizo una aproximación a la clasificación de la roca como una cuarcita. Para mayor practicidad en la continuación del proyecto se definirá la muestra como **“Cuarcita de color gris oscuro”**. (Figura 59).

- **Muestra 32 (M32).**

**Figura 60.** Fotografía tomada a la muestra **M32**, en muestra de mano.



El clasto de color gris plateado en la parte fresca, en algunos sectores es de color marrón anaranjado por oxidación, presenta foliación perfecta por la disposición de sus componentes principales que corresponde a mica moscovita, que supera el 90% de su composición. Su estructura es esquistosa. Se hizo una aproximación a la clasificación de la roca como un esquistos micáceo. Para mayor practicidad en la continuación del proyecto se definirá la muestra como “**Esquistos micáceo gris plateado**”. (Figura 60).

- **Muestra 33 (M33).**

**Figura 61.** Fotografía tomada a la muestra **M33**, en muestra de mano.



El clasto es de color blanco, subredondeado, presenta fractura concoidea, compuesto en su totalidad por cuarzo (cuarzo lechoso), posiblemente cuarzo metamórfico o de vena. El clasto corresponde a “**Cuarzo lechoso**”. (Figura 61).

- **Muestra 34 (M34).**

**Figura 62.** Fotografía tomada a la muestra **M34**, en muestra de mano.



El clasto es de color morado y blanco, subredondeado, presenta fractura concoidea, compuesto en su totalidad por cuarzo. El clasto corresponde a cuarzo. Para mayor practicidad en la continuación del proyecto se definirá la muestra como “**Cuarzo morado**”. (Figura 62).

- **Muestra 35 (M35).**

**Figura 63.** Fotografía tomada a la muestra **M35**, en muestra de mano.



El clasto es de color blanco, anaranjado y verde grisáceo, redondeado, cristalino, el tamaño de los cristales es muy grueso (3cm-5cm), está compuesto por cuarzo, feldespato de color anaranjado rosáceo y un material color gris verdoso, de composición desconocida. Se hizo una aproximación a la clasificación de la roca como una pegmatita. Para mayor practicidad en la continuación del proyecto se definirá la muestra como “**Pegmatita**”. (Figura 63).

- **Muestra 36 (M36).**

**Figura 64.** Fotografía tomada a la muestra **M36**, en muestra de mano.



El clasto es de color gris, bien redondeado, el tamaño del grano es arena media, presenta baja meteorización, contiene cuarzo (95%), fragmentos de roca (2%), feldespato (2%) y mica moscovita (1%). La forma de los granos es redondeada, bien calibrada, con empaquetamiento cerrado. Se hizo una aproximación a la clasificación de la roca como una cuarzo-arenisca. Para mayor practicidad en la continuación del proyecto se definirá la muestra como “**Cuarzo-arenisca gris de grano medio**”. (Figura 64).

- **Muestra 37 (M37).**

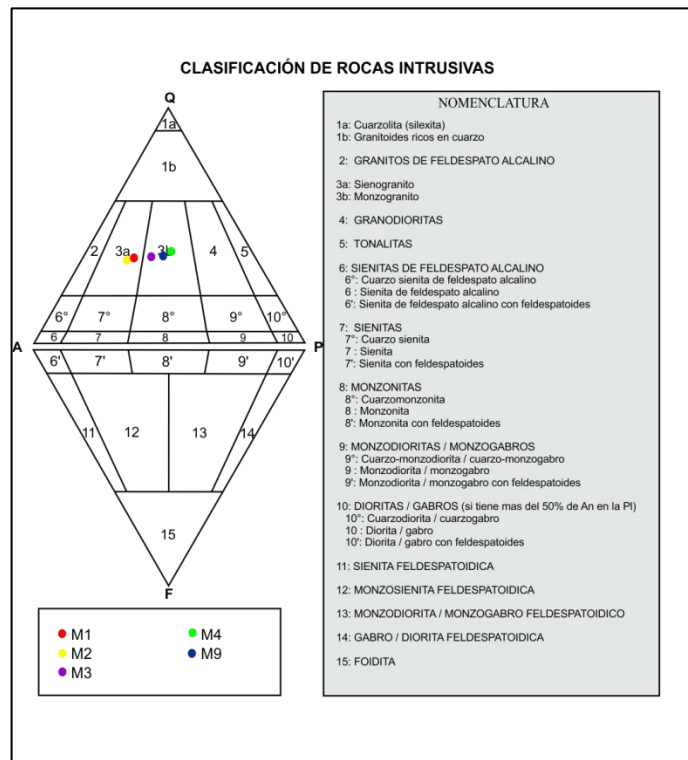
**Figura 65.** Fotografía tomada a la muestra **M37**, en muestra de mano.



El clasto presenta bandas de color blanco y gris, con algunos sectores de color anaranjado por posible oxidación, las bandas blancas presenta mayor espesor, el tamaño de los cristales es grano medio (2-4 mm), contiene cuarzo y feldespato que componen las bandas blancas, y las bandas grises están compuestas por un material gris verdoso con brillo satinado (posiblemente micas). presenta estructura bandeada. Se hizo una aproximación a la clasificación de la roca como un neis bandeado. Para mayor practicidad en la continuación del proyecto se definirá la muestra como **“Neis blanco grisáceo bandeado”**. (Figura 65).

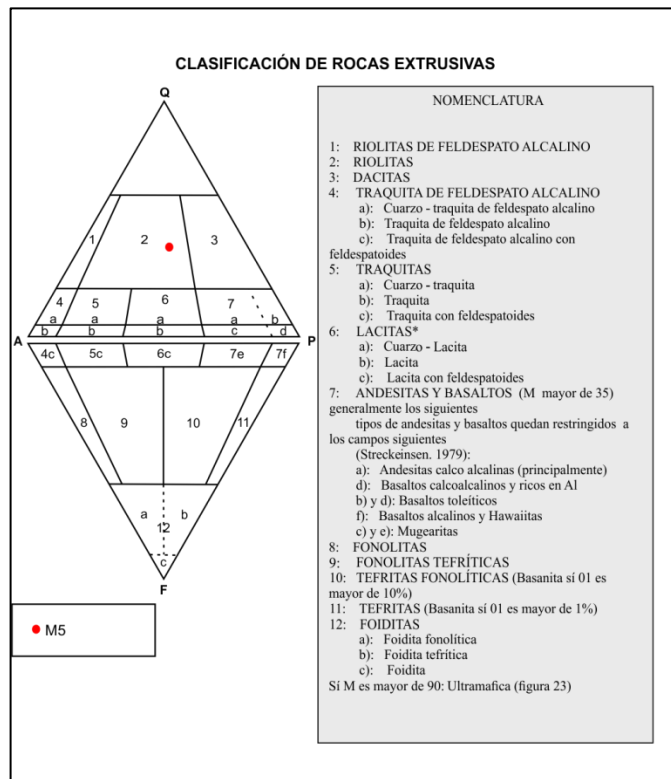
Los resultados de las clasificaciones de los clastos en los diagramas correspondientes para rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias, se muestran en las figuras 66, 67, 68, 69, 70.

**Figura 66.** Doble triángulo QAPF de Streckeisen (1976), para la clasificación de las muestras correspondientes a rocas igneas intrusivas.



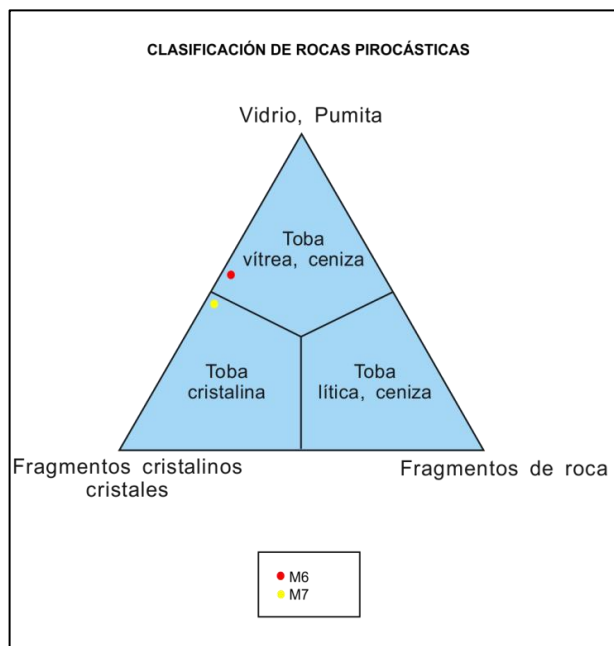
**Fuente:** Castro A. (1989).

**Figura 67.** Doble triángulo QAPF de Streckeisen (1979), para la clasificación de las muestras correspondientes a rocas ígneas extrusivas.



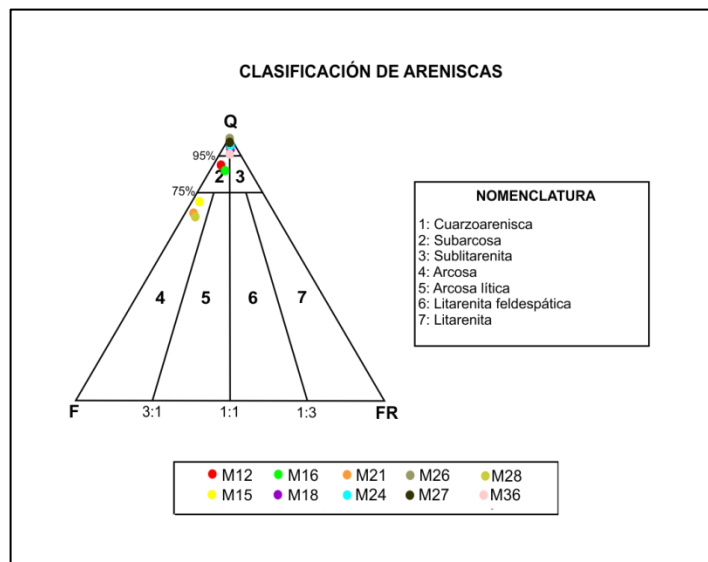
**Fuente:** Castro A. (1989).

**Figura 68.** Triangulo para la clasificación de las muestras correspondientes a rocas igneas piroclásticas, según el tipo de piroclasto



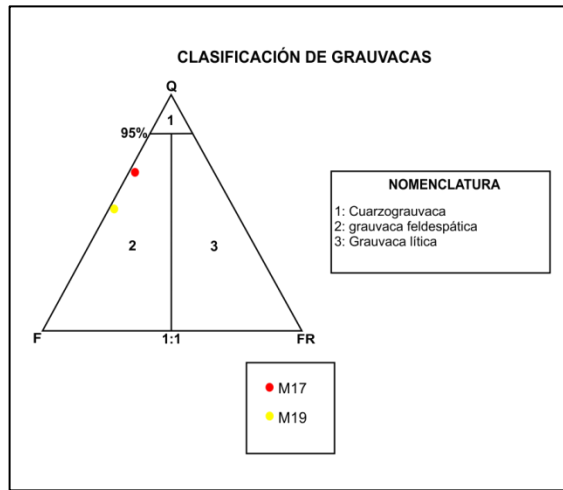
**Fuente:** Castro A. (1989).

**Figura 69.** Clasificación de los clastos de areniscas (con menos del 15% de matriz), según Folk (1974).



**Fuente:** Castro A. (1989).

**Figura 70.** Clasificación de los clastos de Grauvacas (con más del 15% de matriz), según Folk (1974).



**Fuente:** Castro A. (1989).

La clasificación de los clastos y el nombre que se les asignó en el proyecto, se consignaron en la tabla 2, teniendo en cuenta la ubicación del sitio donde se recolectaron las muestras.

**Tabla 2.** Clastos recolectados en el proyecto, con su respectivo punto de recolección.

MUESTRA	COORDENADAS		LUGAR	NOMBRE
	X	Y		
M 1	110 1057,826	126 1559,302	Vereda Chocóa	Granito rosado de grano fino
M 2	110 1057,826	126 1559,302	Vereda Chocóa	Granito rosado pálido de grano fino, moscovítico
M 3	110 1057,826	126 1559,302	Vereda Chocóa	Granito de grano medio con epidota y clorita
M 4	110 1164,580	127 1632,061	Barrio Mirador de Arenales	Granito de grano fino blanco grisáceo fracturado
M 5	110 1057,826	126 1559,302	Vereda Chocóa	Riolita de color rosado pálido
M 6	110 1057,826	126 1559,302	Vereda Chocóa	Toba vítrea de color rojo pálido
M 7	110 1610,852	126 7109,183	Vereda Llano Grande	Toba cristalina de color gris claro
M 8	110 1164,580	127 1632,061	Barrio Mirador de Arenales	Neis rosado cuarzo-feldespático
M 9	110 0168,232	127 1016,565	Barrio Bahondo	Granito de grano fino blanco grisáceo
M 10	110 1164,580	127 1632,061	Barrio Mirador de Arenales	Protomilonita néisica verde grisácea
M 11	110 4498,075	127 1559,748	Vereda Río Frío	Filita verde grisácea
M 12	110 4498,075	127 1559,748	Vereda Río Frío	Meta-arenita de color gris claro
M 13	110 1057,826	126 1559,302	Vereda Chocóa	cuarzo-mesomilonita blanca
M 14	110 1164,580	127 1632,061	Barrio Mirador de Arenales	Esquisto verde grisáceo con porfidoblastos
M 15	110 0168,232	127 1016,565	Barrio Bahondo	Arcosa morada rojiza de grano medio
M 16	110 1057,826	126 1559,302	Vereda Chocóa	Subarcosa blanca de grano fino a medio
M 17	110 0168,232	127 1016,565	Barrio Bahondo	Cuarzo-grauvaca blanca de grano fino
M 18	110 1610,852	126 7109,183	Vereda Llano Grande	Cuarzo-arenisca glauconítica de grano grueso
M 19	110 1057,826	126 1559,302	Vereda Chocóa	Grauvasca feldespática de color rojo pálido
M 20	110 1164,580	127 1632,061	Barrio Mirador de Arenales	Limolita marrón rojiza
M 21	110 0168,232	127 1016,565	Barrio Bahondo	Arcosa roja de grano medio ligeramente gravosa
M 22	110 0851,375	126 9655,610	Barrio Nuevo Girón	Conglomerado de gránulos y guijos gris violáceo
M 23	110 0168,232	127 1016,565	Barrio Bahondo	Conglomerado arenoso blanco grisáceo
M 24	110 1610,852	126 7109,183	Vereda Llano Grande	Cuarzo-arenisca blanca de grano medio
M 25	110 4498,075	127 1559,748	Vereda Río Frío	Meta-arenisca blanca
M 26	110 1610,852	126 7109,183	Vereda Llano Grande	Cuarzo-arenisca glauconítica de grano fino a medio con bioclastos
M 27	110 1164,580	127 1632,061	Barrio Mirador de Arenales	Cuarzo-arenisca con glauconita de grano fino
M 28	110 0168,232	127 1016,565	Barrio Bahondo	Arcosa gris de grano medio ligeramente gravosa
M 29	110 1610,852	126 7109,183	Vereda Llano Grande	Chert negro
M 30	110 1164,580	127 1632,061	Barrio Mirador de Arenales	Porcelanita meteorizada o arcillolita.
M 31	110 4498,075	127 1559,748	Vereda Río Frío	cuarcita de color gris oscuro
M 32	110 1225,185	127 1405,132	Barrio El Laguito	esquisto micáceo gris plateado
M 33	110 1057,826	126 1559,302	Vereda Chocóa	cuarzo lechoso
M 34	110 1057,826	126 1559,302	Vereda Chocóa	cuarzo morado
M 35	110 1057,826	126 1559,302	Vereda Chocóa	Pegmatita
M 36	110 4498,075	127 1559,748	Vereda Río Frío	Cuarzo-arenisca gris de grano medio
M 37	110 1225,185	127 1405,132	Barrio El Laguito	Neis blanco grisáceo bandeado

#### 8.4 CORRELACIÓN PETROGRÁFICA DE LOS CLASTOS RECOLECTADOS CON UNIDADES REPORTADAS POR WARD ET AL. (1973) Y ROYERO Y CLAVIJO (2001)

Se realizó una correlación de las muestras de clastos recolectadas y clasificadas en el proyecto, con los trabajos de Ward et al. (1973) y Royero y Clavijo (2001), a partir de los cuales se correlacionaron los clastos con las unidades allí descritas, para establecer las posibles áreas fuente de los sedimentos que conforman el depósito estudiado (ver Anexo. H y Tabla 3). A partir de esta comparación se determinaron los clastos indicadores de proveniencia en los que se agruparon cada uno de los clastos recolectados y a los que se les hizo el análisis petrográfico, su clasificación y se les asignó un nombre en el proyecto que facilitara el desarrollo del trabajo, teniendo en cuenta que se relacionaran en lo posible a una misma unidad litoestratigráfica (Tabla 4). Esta relación se basa principalmente en predominio de la litología en las unidades litoestratigráficas o los reportes hechos anteriormente.

**Tabla 3.** Clastos indicadores de proveniencia y unidades lito-estratigráficas potenciales fuente del sedimento.

UNIDAD LITO-ESTRATIGRÁFICA POTENCIAL DE PROVENIENCIA	CLASTOS INDICADORAS DE PRIVIENCIA
<b>Complejo Bucaramanga.</b>	<b>M10:</b> Protomilonita néisica verde grisácea. <b>M13:</b> Cuarzo-mesomilonita blanca. <b>M31:</b> Cuarcita de color gris oscuro. <b>M33:</b> Cuarzo lechoso. <b>M34:</b> Cuarzo morado. <b>M37:</b> Neis bandeado blanco grisáceo.
<b>Ortoneis de Berlín.</b>	<b>M8:</b> Neis rosado cuarzo-feldespático.
<b>Formación Silgará.</b>	<b>M11:</b> Filita verde grisácea. <b>M12:</b> Meta-arenita de color gris claro. <b>M13:</b> Cuarzo-mesomilonita blanca. <b>M14:</b> Esquisto verde grisáceo con porfidoblastos. <b>M25:</b> Meta-arenisca blanca. <b>M31:</b> Cuarcita de color gris oscuro. <b>M32:</b> Esquisto micáceo gris plateado. <b>M33:</b> Cuarzo lechoso. <b>M34:</b> Cuarzo morado.

<b>Granito de Durania.</b>	<b>M2:</b> Granito rosado pálido de grano fino, moscovítico.
<b>Formación Diamante.</b>	<b>M15:</b> Arcosa morada rojiza de grano medio.
<b>Granito de Pescadero.</b>	<b>M1:</b> Granito rosado de grano fino. <b>M3:</b> Granito de grano medio con Epidota y clorita. <b>M5:</b> riolita de color rosado pálido. <b>M35:</b> Pegmatita.
<b>Grupo Plutónico de Santander.</b>	<b>M4:</b> Granito de grano fino, blanco grisáceo, fracturado. <b>M9:</b> Granito de grano fino, blanco grisáceo.
<b>Batolito de Mogotes.</b>	<b>M3:</b> Granito de grano medio con epidota y clorita. <b>M5:</b> Riolita de color rosado pálido.
<b>Formación Bocas.</b>	<b>M5:</b> Riolita de color rosado pálido. <b>M28:</b> Arcosa gris verdosa de grano medio, ligeramente gravosa.
<b>Formación Jordán.</b>	<b>M6:</b> Toba vítrea de color rojo pálido. <b>M15:</b> Arcosa morada rojiza de grano medio. <b>M19:</b> Grauvaca feldespática de color rojo pálido. <b>M20:</b> Limolita marrón rojiza. <b>M21:</b> Arcosa roja de grano medio, ligeramente gravosa. <b>M22:</b> Conglomerado de gránulos y guijos, gris violáceo. <b>M28:</b> Arcosa gris verdosa de grano medio ligeramente gravosa.
<b>Formación Girón.</b>	<b>M15:</b> Arcosa morada rojiza de grano medio. <b>M19:</b> Grauvaca feldespática de color rojo pálido. <b>M20:</b> Limolita marrón rojiza. <b>M21:</b> Arcosa roja de grano medio ligeramente gravosa. <b>M22:</b> Conglomerado de gránulos y guijos gris violáceo. <b>M23:</b> Conglomerado arenoso, blanco grisáceo. <b>M28:</b> Arcosa gris verdosa de grano medio ligeramente gravosa.

	<b>M36:</b> Cuarzo-arenisca gris de grano medio.
<b>Formación Tambor.</b>	<p><b>M16:</b> Subarcosa blanca de grano fino a medio.</p> <p><b>M17:</b> Cuarzo-grauvaca blanca de grano fino.</p> <p><b>M23:</b> Conglomerado arenoso, blanco grisáceo.</p> <p><b>M24:</b> Cuarzo-arenisca blanca de grano medio.</p> <p><b>M36:</b> Cuarzo-arenisca gris de grano medio.</p>
<b>Formación Tibú-Mercedes.</b>	<p><b>M16:</b> Subarcosa blanca de grano fino a medio.</p> <p><b>M17:</b> Cuarzo-grauvaca blanca de grano fino.</p> <p><b>M18:</b> Cuarzo-arenisca glauconítica de grano grueso.</p> <p><b>M24:</b> Cuarzo-arenisca blanca de grano medio.</p> <p><b>M26:</b> Cuarzo-arenisca glauconítica de grano fino a medio con bioclastos.</p> <p><b>M27:</b> Cuarzo-arenisca con glauconita de grano fino.</p> <p><b>M36:</b> Cuarzo-arenisca gris de grano medio.</p>
<b>Formación Aguardiente.</b>	<p><b>M16:</b> Subarcosa blanca de grano fino a medio.</p> <p><b>M17:</b> Cuarzo-grauvaca blanca de grano fino.</p> <p><b>M18:</b> Cuarzo-arenisca glauconítica de grano grueso.</p> <p><b>M23:</b> Conglomerado arenoso, blanco grisáceo.</p> <p><b>M24:</b> Cuarzo-arenisca blanca de grano medio.</p> <p><b>M26:</b> Cuarzo-arenisca glauconítica de grano fino a medio con bioclastos.</p> <p><b>M27:</b> Cuarzo-arenisca con glauconita de grano fino.</p> <p><b>M36:</b> Cuarzo-arenisca gris de grano medio.</p>
<b>Formación La Luna.</b>	<p><b>M29:</b> Chert negro.</p> <p><b>M30:</b> porcelanita meteorizada o arcillolita.</p>
<b>Grupo Mesa.</b>	<b>M7:</b> Toba cristalina de color gris claro.

**Tabla 4.** Clastos indicadores de proveniencia del depósito estudiado de la Fm. Bucaramanga, agrupados en las litologías indicadoras y correlacionados a unidades reportadas anteriormente en los alrededores de la zona. CVMM (Cuenca del Valle Medio del Magdalena), CMC (Cuenca de Maracaibo Colombia).

LITOLOGÍA INDICADORA	CLASTOS INDICADORES DE PROVENIENCIA	DESCRIPCIÓN
<b>Granito rosado, riolita, pegmatita</b>	<p><b>M1:</b> Granito rosado de grano fino</p> <p><b>M3:</b> Granito de grano medio con epidota y clorita</p> <p><b>M5:</b> Riolita de color rosado pálido</p> <p><b>M35:</b> Pegmatita</p>	Muestras asociadas al Granito de Pescadero, aflorantes al sur y sureste del área de estudio.
<b>Granito Blanco</b>	<p><b>M2:</b> Granito rosado pálido de grano fino, moscovítico</p> <p><b>M4:</b> Granito de grano fino blanco grisáceo fracturado</p> <p><b>M9:</b> Granito de grano fino blanco grisáceo</p>	Muestras asociadas al grupo Plutónico de Santander y al Granito de Durania, aflorantes al sureste y este de la zona de trabajo.
<b>Neis</b>	<p><b>M8:</b> Neis rosado cuarzo-feldespático</p> <p><b>M10:</b> Protomilonita néisica verde grisácea</p> <p><b>M37:</b> Neis blanco grisáceo bandeado</p>	Muestras asociadas al Complejo Bucaramanga, y al Ortoneis de Berlín; aflorantes en todo el Macizo de Santander.
<b>Metamórficas foliadas</b>	<p><b>M11:</b> Filita verde grisácea</p> <p><b>M14:</b> Esquisto verde grisáceo con porfidoblastos</p> <p><b>M32:</b> esquisto micáceo gris plateado</p>	Muestras asociadas a la Fm. Silgará, aflorantes al sur y sureste de la zona de trabajo.
<b>Meta-arenita, cuarcita</b>	<p><b>M12:</b> Meta-arenita de color gris claro</p> <p><b>M25:</b> Meta-arenisca blanca</p> <p><b>M31:</b> cuarcita de color gris oscuro</p>	Muestras asociadas al Complejo Bucaramanga y la Fm. Silgará, aflorantes en todo el macizo de Santander.
<b>Cuarzo</b>	<p><b>M13:</b> cuarzo-mesomilonita blanca</p> <p><b>M33:</b> cuarzo lechoso</p> <p><b>M34:</b> cuarzo morado</p>	Muestras asociadas al Complejo Bucaramanga y la Fm. Silgará, aflorantes en todo el macizo de Santander.
<b>Sedimentarias</b>	<p><b>M6:</b> Toba vítrea de color rojo pálido</p> <p><b>M15:</b> Arcosa morada rojiza de grano medio</p> <p><b>M19:</b> Grauvaca feldespática de</p>	Muestras asociadas a las unidades

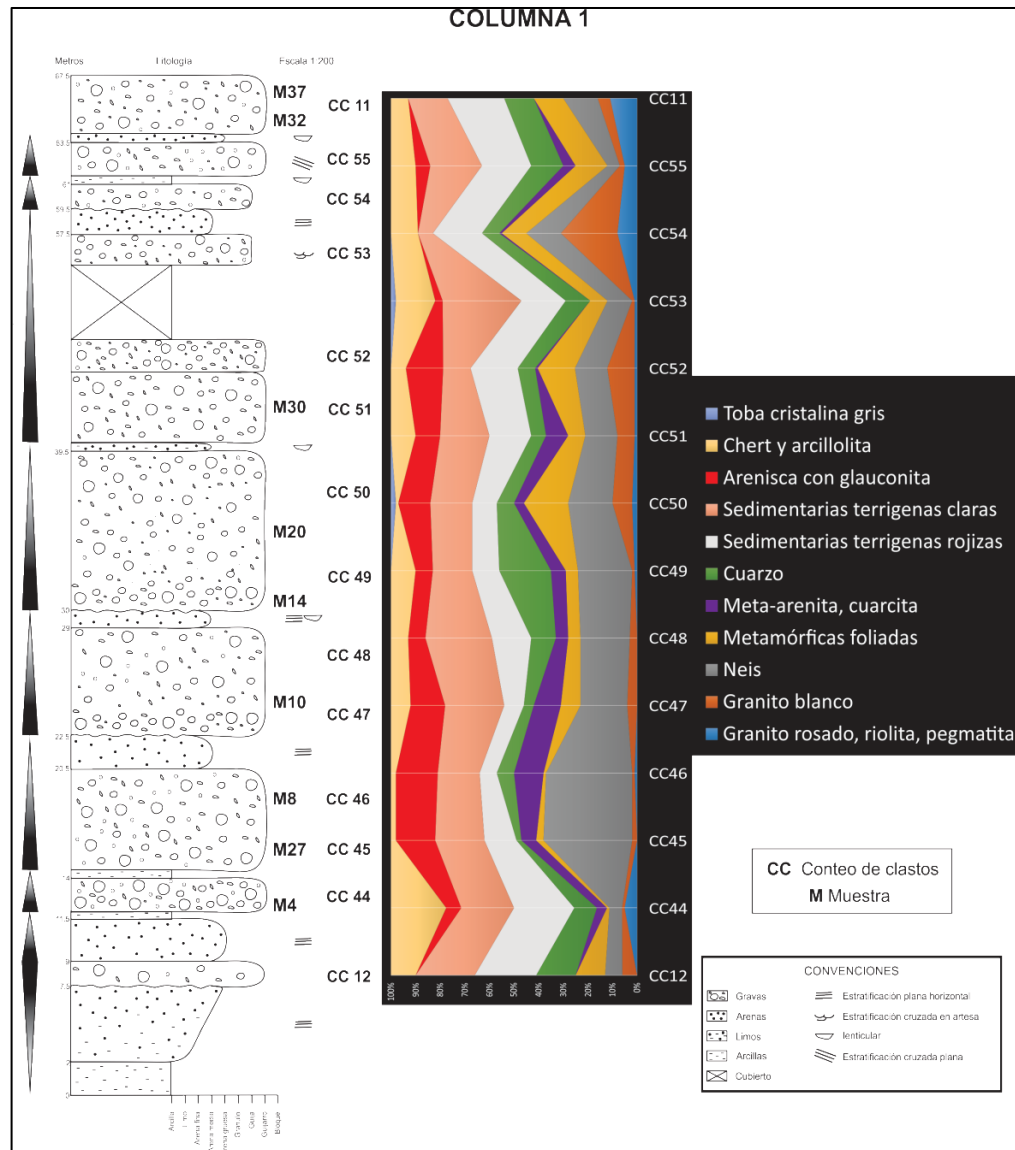
<b>terrágenas rojizas</b>	<p>color rojo pálido</p> <p><b>M20:</b> Limolita marrón rojiza</p> <p><b>M21:</b> Arcosa roja de grano medio ligeramente gravosa</p> <p><b>M22:</b> Conglomerado de gránulos y guijos gris violáceo</p>	<p>Triásicas y Jurásicas (principalmente formaciones Jordán y Girón), aflorantes en los alrededores de la zona de trabajo.</p>
<b>Sedimentarias terrígenas claras</b>	<p><b>M16:</b> Subarcosa blanca de grano fino a medio</p> <p><b>M17:</b> Cuarzo-grauvaca blanca de grano fino</p> <p><b>M23:</b> Conglomerado arenoso blanco grisáceo</p> <p><b>M24:</b> Cuarzo-arenisca blanca de grano medio</p> <p><b>M28:</b> Arcosa gris de grano medio ligeramente gravosa</p> <p><b>M36:</b> Cuarzo-arenisca gris de grano medio</p>	<p>Muestras asociadas principalmente a las unidades Cretácicas (principalmente las formaciones Tambor, Tibú-Mercedes y Aguardiente), aflorantes en los alrededores de la zona de trabajo y pertenecientes a CVMM y CMC.</p>
<b>Arenisca con glauconita</b>	<p><b>M18:</b> Cuarzo-arenisca glauconítica de grano grueso</p> <p><b>M26:</b> Cuarzo-arenisca glauconítica de grano fino a medio con bioclastos</p> <p><b>M27:</b> Cuarzo-arenisca con glauconita de grano fino</p>	<p>Muestras asociadas a las unidades Cretácicas (formaciones Tibú-Mercedes y Aguardiente), aflorantes principalmente al sureste de la zona de trabajo.</p>
<b>Chert y arcillolita</b>	<p><b>M29:</b> Chert negro</p> <p><b>M30:</b> Porcelanita meteorizada o arcillolita.</p>	<p>Muestras asociadas a la Fm. La Luna, aflorante tanto en CVMM, como en CMC.</p>
<b>Toba cristalina gris</b>	<p><b>M7:</b> Toba cristalina de color gris claro</p>	<p>Muestra asociada al Grupo Mesa de CVMM.</p>

## 8.5 DISTRIBUCIÓN EN EL TIEMPO DE LA COMPOSICIÓN DE CLASTOS

Para cada columna levantada se realizaron los diagramas de composición de clastos en la vertical.

### 8.5.1 Columna 1.

**Figura 71.** Variación en la composición de clastos para la columna 1. Distribución estratigráfica de la composición de clastos tamaño grava.



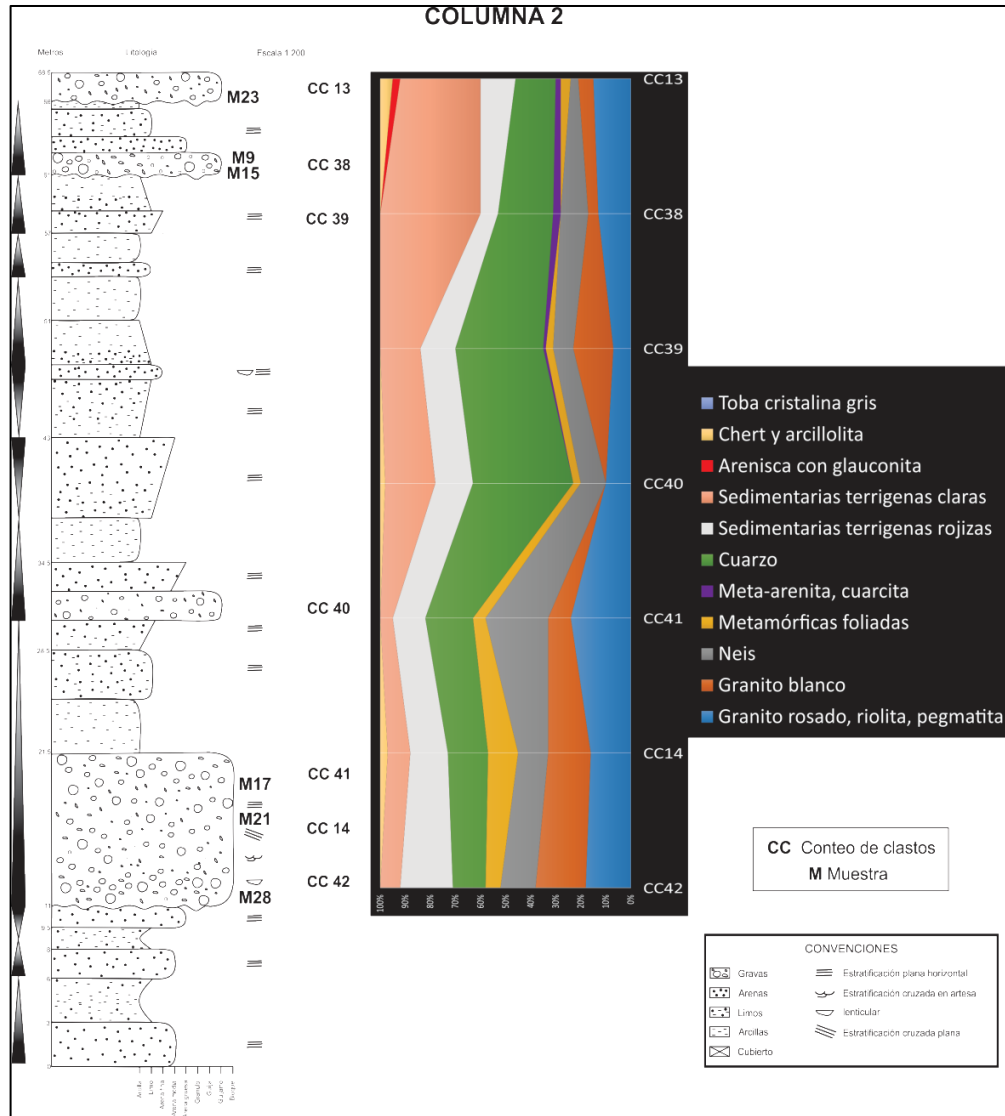
**Tabla 5.** Porcentajes de las litologías indicadoras de proveniencia en los conteos de clastos (CC) para la Columna 1.

COLUMNA 1														
LITOLOGÍAS INDICADORAS	CC 12	CC 44	CC 45	CC 46	CC 47	CC 48	CC 49	CC 50	CC 51	CC 52	CC 53	CC 54	CC 55	CC 11
Granito rosado, riolita, pegmatita	0	5	0	1	0	0	1	2	1	1	1	8	5	11
Granito blanco	6	1	2	1	4	3	1	8	7	11	1	23	2	5
Neis	7	5	36	35	19	20	22	18	13	13	10	14	5	14
Metamórficas foliadas	12	1	3	1	8	5	5	18	7	15	7	10	13	12
Meta-arenita, cuarcita	0	4	6	12	11	5	6	4	9	1	0	1	5	0
Cuarzo	16	9	2	7	4	10	21	7	6	7	10	7	13	12
Sedimentarias terrígenas rojizas	25	24	13	7	8	16	11	10	17	19	18	20	20	23
Sedimentarias terrígenas claras	24	21	20	17	24	27	16	17	20	11	32	6	21	16
Arenisca con glauconita	0	6	16	17	14	7	7	13	10	15	3	0	6	0
Chert y arcillolita	10	22	2	2	8	7	10	1	10	6	16	11	10	7
Toba cristalina gris	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2	0	0	0

Para la columna 1, levantada en el barrio Mirador de Arenales (Girón), la composición de clastos en la vertical muestra poca presencia de clastos del granito rosado, riolita, pegmatita, así como también de granito blanco, los clastos de neis son más abundantes hacia la parte inferior de la sección y muestran un porcentaje importante en la composición de la columna, junto con los clastos de metamórficas foliadas, meta-arenita y cuarcita, cuarzo, sedimentarias terrígenas rojizas, sedimentarias terrígenas claras, arenisca con glauconita; y, chert y arcillolita; los cuales aparecen de manera regular a lo largo de la columna, con un ligero aumento en el contenido de arenisca con glauconita hacia la mitad, que no se observó en las demás columnas levantadas donde el porcentaje de este grupo no supera el 10%. La toba cristalina está presente en un porcentaje que no supera el 3%. (Figura 71).

## 8.5.2 Columna 2.

**Figura 72.** Variación en la composición de clastos para la columna 2. Distribución estratigráfica de la composición de clastos tamaño grava.



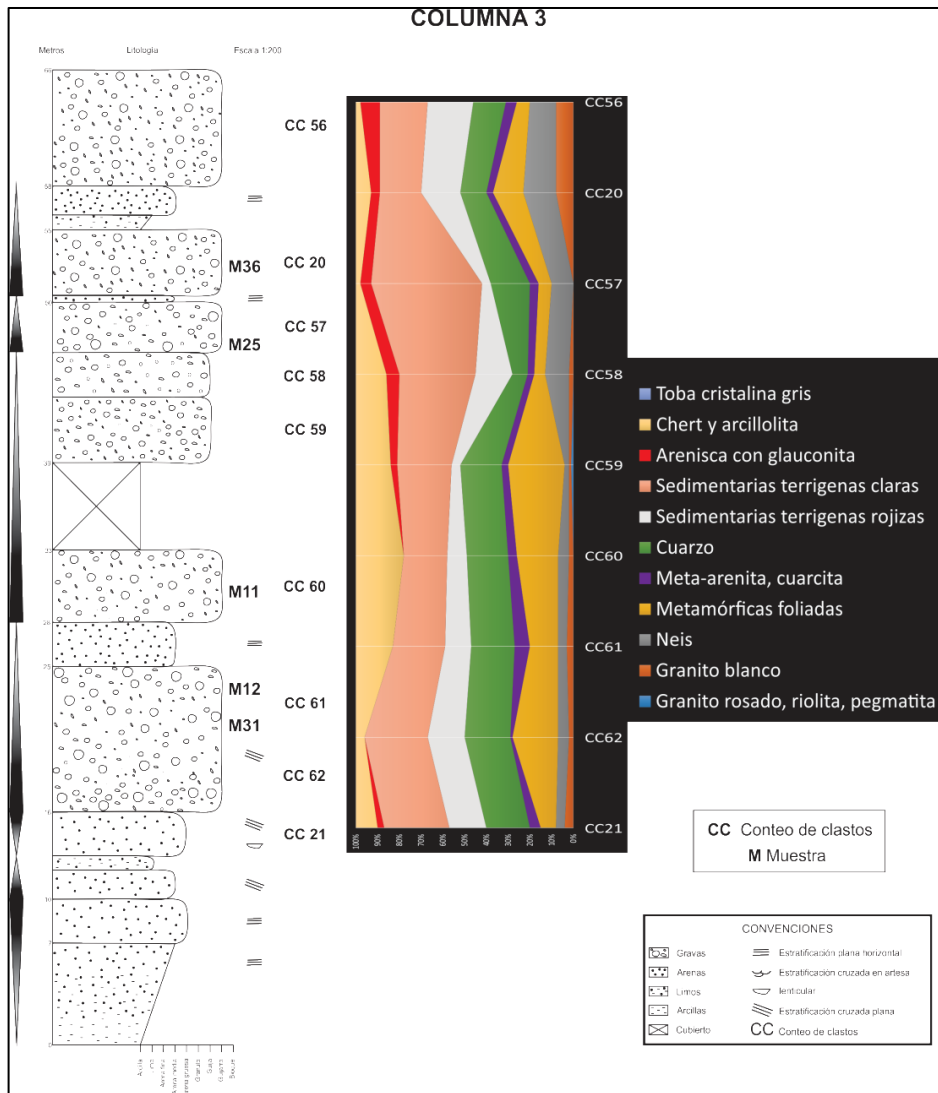
**Tabla 6.** Porcentajes de las litologías indicadoras de proveniencia en los conteos de clastos (CC) para la Columna 2.

COLUMNA 2							
LITOLOGIAS INDICADORAS	CC42	CC14	CC41	CC40	CC39	CC38	CC13
Granito rosado, riolita, pegmatita	18	16	24	10	7	13	15
Granito blanco	20	17	9	0	16	4	6
Neis	14	12	25	10	8	11	3
Metamórficas foliadas	6	12	5	3	3	0	4
Meta-arenita, cuarcita	0	0	0	0	1	3	2
Cuarzo	13	16	19	40	35	22	16
Sedimentarias terrígenas rojizas	21	15	13	15	14	7	14
Sedimentarias terrígenas claras	8	9	5	20	16	40	32
Arenisca con glauconita	0	0	0	0	0	0	3
Chert y arcillolita	0	3	0	2	0	0	5
toba cristalina gris	0	0	0	0	0	0	0

Para la columna 2, levantada en zona rural del barrio Bahondo (Girón), la composición de clastos en la vertical muestra una continuidad a lo largo de toda la sección, con predominio en la composición de clastos de cuarzo, más abundantes en la mitad superior y, sedimentarias terrígenas claras que aumenta en su contenido a la parte superior. La presencia de clastos de granito rosado, riolita, pegmatita, granito blanco, neis y sedimentarias terrígenas rojizas, es continua en toda la sección. Los clastos de metamórficas foliadas son relativamente escasos y más abundantes en la parte inferior media. La cuarcita y meta-arenita, la arenisca con glauconita y el chert y arcillolita son casi ausentes y se restringe a la parte superior de la sección. (Figura 72).

### 8.5.3 Columna 3.

**Figura 73.** Variación en la composición de clastos para la columna 3. Distribución estratigráfica de la composición de clastos tamaño grava.



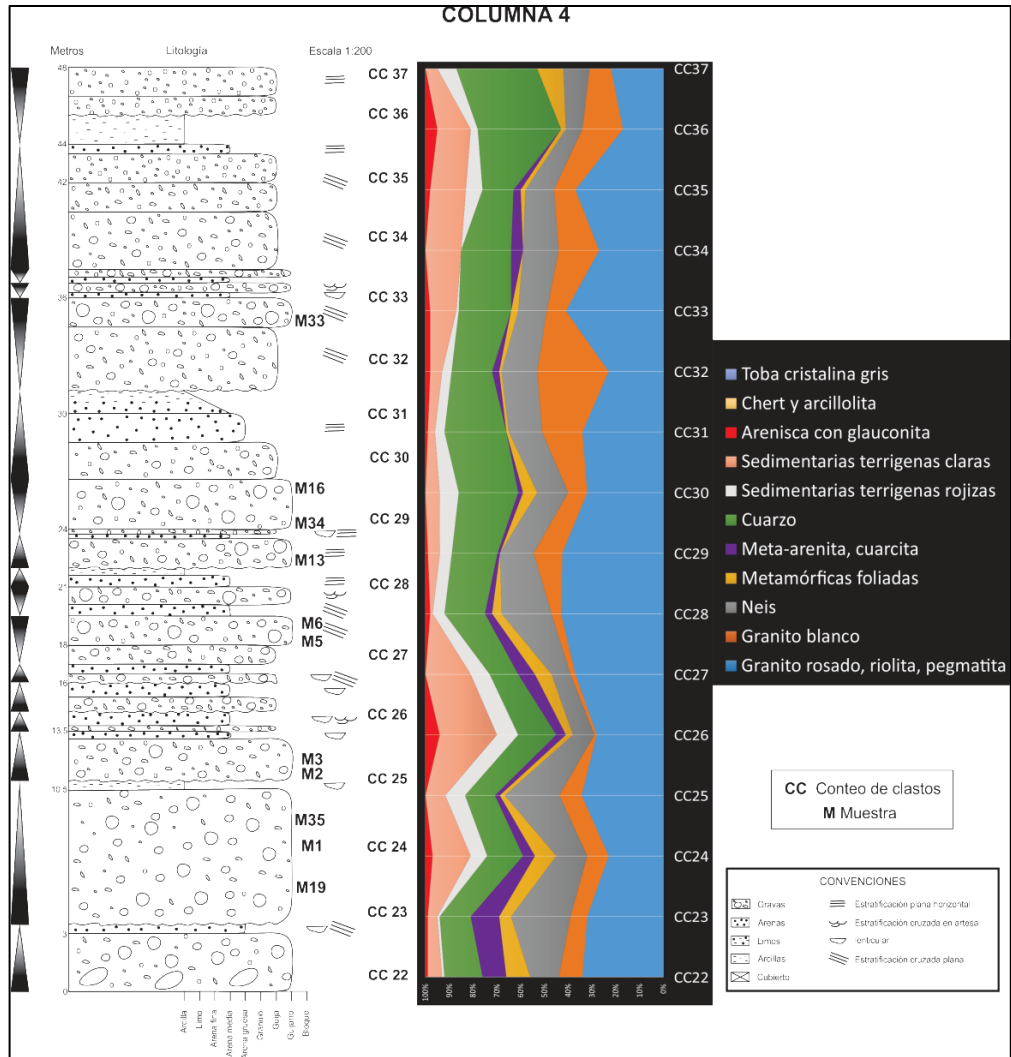
**Tabla 7.** Porcentajes de las litologías indicadoras de proveniencia en los conteos de clastos (CC) para la Columna 3.

COLUMNA 3									
LITOLOGIAS INDICADORAS	CC21	CC62	CC61	CC60	CC59	CC58	CC57	CC20	CC56
Granito rosado, riolita, pegmatita	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Granito blanco	4	2	3	2	1	2	0	8	8
Neis	4	5	4	5	2	11	10	15	12
Metamórficas foliadas	7	21	13	19	26	5	6	14	6
Meta-arenita, cuarcita	5	1	7	4	3	3	4	3	5
Cuarzo	20	21	20	19	19	7	18	12	15
Sedimentarias terrígenas rojizas	17	17	12	9	4	17	4	18	21
Sedimentarias terrígenas claras	30	29	24	20	25	35	51	19	22
Arenisca con glauconita	3	0	0	0	3	6	5	4	9
Chert y arcillolita	10	4	17	22	16	14	2	7	2
toba cristalina gris	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Para la columna 3, levantada en la vereda Río Frío (Floridablanca), la composición de clastos en la vertical muestra una continuidad en la composición de clastos a lo largo de la sección. Prima el contenido de clastos de sedimentarias terrígenas claras, de cuarzo, de chert y arcillolita, que es constante en toda la sección. Los clastos de granito rosado, riolita, pegmatita son totalmente ausentes en la sección y el granito blanco es muy escaso. La arenisca con glauconita se tiene solo en la parte superior y hacia la parte basal es muy escasa. Las metamórficas foliadas, meta-arenita y cuarcita, y sedimentarias terrígenas rojizas son constantes en toda la sección pero con bajo contenido. (Figura 73).

### 8.5.4 Columna 4.

**Figura 74.** Variación en la composición de clastos para la columna 4. Distribución estratigráfica de la composición de clastos tamaño grava.



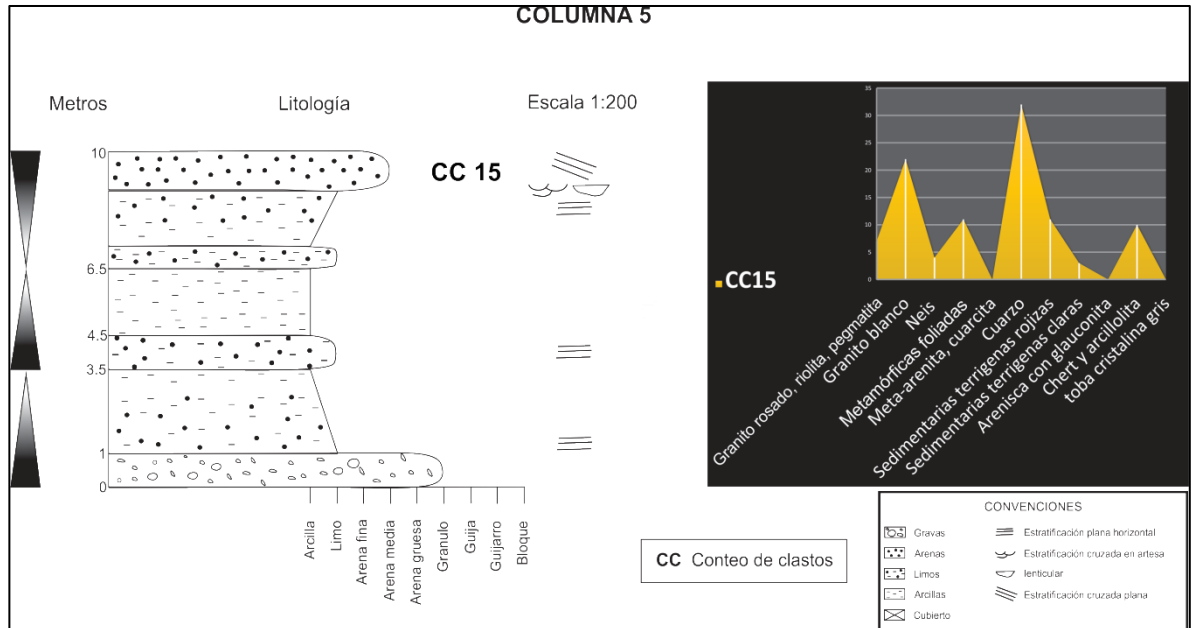
**Tabla 8.** Porcentajes de las litologías indicadoras de proveniencia en los conteos de clastos (CC) para la Columna 4.

COLUMNA 4																
LITOLOGIAS INDICADORAS	CC 22	CC 23	CC 24	CC 25	CC 26	CC 27	CC 28	CC 29	CC 30	CC 31	CC 32	CC 33	CC 34	CC 35	CC 36	CC 37
Granito rosado, riolita, pegmatita	34	32	23	33	28	37	43	42	32	34	23	41	27	37	17	22
Granito blanco	10	7	9	9	1	2	4	12	8	17	30	8	17	9	17	9
Neis	12	25	13	22	9	8	21	14	13	14	15	12	15	12	7	11
Metamórficas foliadas	10	5	9	2	3	7	4	0	6	1	1	3	0	2	2	11
Meta-arenita, cuarcita	10	12	5	2	4	7	3	1	2	0	3	0	5	3	0	0
Cuarzo	16	13	15	12	16	12	17	19	25	26	17	22	21	13	35	34
Sedimentarias terrígenas rojizas	1	1	7	8	9	8	5	5	8	4	4	1	0	7	3	8
Sedimentarias terrígenas claras	6	4	16	8	24	19	1	5	6	3	5	11	15	15	14	5
Arenisca con glauconita	1	1	3	0	6	0	2	1	0	1	2	2	0	2	5	0
Chert y arcillolita	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Toba cristalina gris	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Para la columna 4, levantada en la vereda Chocóa (Girón), la composición de clastos distribuidos en la vertical muestra un predominio marcado de granito rosado, riolita, pegmatita sobre las demás litologías, es constante en el total de la sección. El granito blanco, cuarzo y neis son de igual manera constantes en toda la sección pero en menor cantidad. Las sedimentarias terrígenas claras y rojizas, las metamórficas foliadas y la meta-arenita y cuarcita, son de igual manera constante en toda la sección pero con disminuida cantidad con respecto a las anteriores. Las areniscas con glauconita son muy escasas y el chert y arcillolita junto con la toba cristalina gris, no están presenta en la columna. (Figura 74).

### 8.5.5 Columna 5.

**Figura 75.** Variación en la composición de clastos para la columna 5. Distribución estratigráfica de la composición de clastos tamaño grava.



**Tabla 9.** Porcentajes de las litologías indicadoras de proveniencia en los conteos de clastos (CC) para la Columna 5.

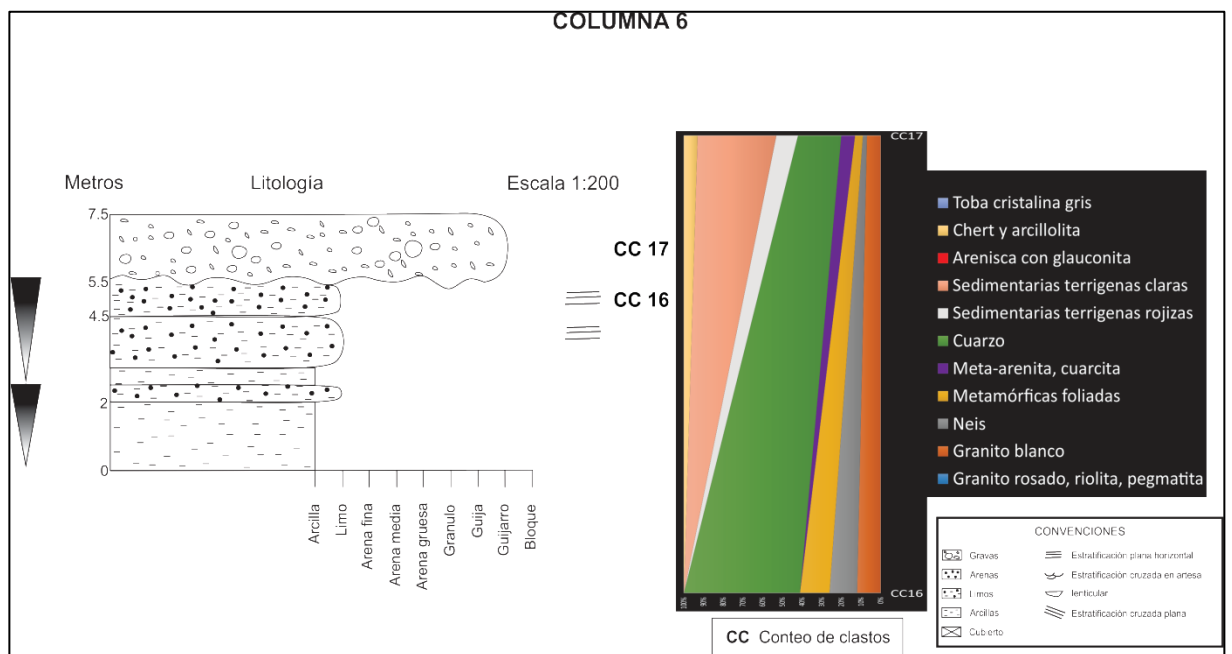
COLUMNA 5	
LITOLOGIAS INDICADORAS	CC15
Granito rosado, riolita, pegmatita	7
Granito blanco	22
Neis	4
Metamórficas foliadas	11
Meta-arenita, cuarcita	0
Cuarzo	32
Sedimentarias terrígenas rojizas	11
Sedimentarias terrígenas claras	3
Arenisca con glauconita	0
Chert y arcillolita	10
toba cristalina gris	0

Para la columna 5, levantada en la vereda Llanadas (Girón), la composición de clastos muestra un predominio en el contenido de cuarzo y granito blanco que

superan el 20%, seguido de neis, metamórficas foliadas, sedimentarias terrígenas rojizas y chert y arcillolita y granito rosado, riolita, pegmatita. Las sedimentarias terrígenas claras son casi ausentes y la toba cristalina gris, la meta-arenita y cuarcita y la arenisca con glauconita están completamente ausentes en el conteo. (Figura 75).

### 8.5.6 Columna 6.

**Figura 76.** Variación en la composición de clastos para la columna 6. Distribución estratigráfica de la composición de clastos tamaño grava.



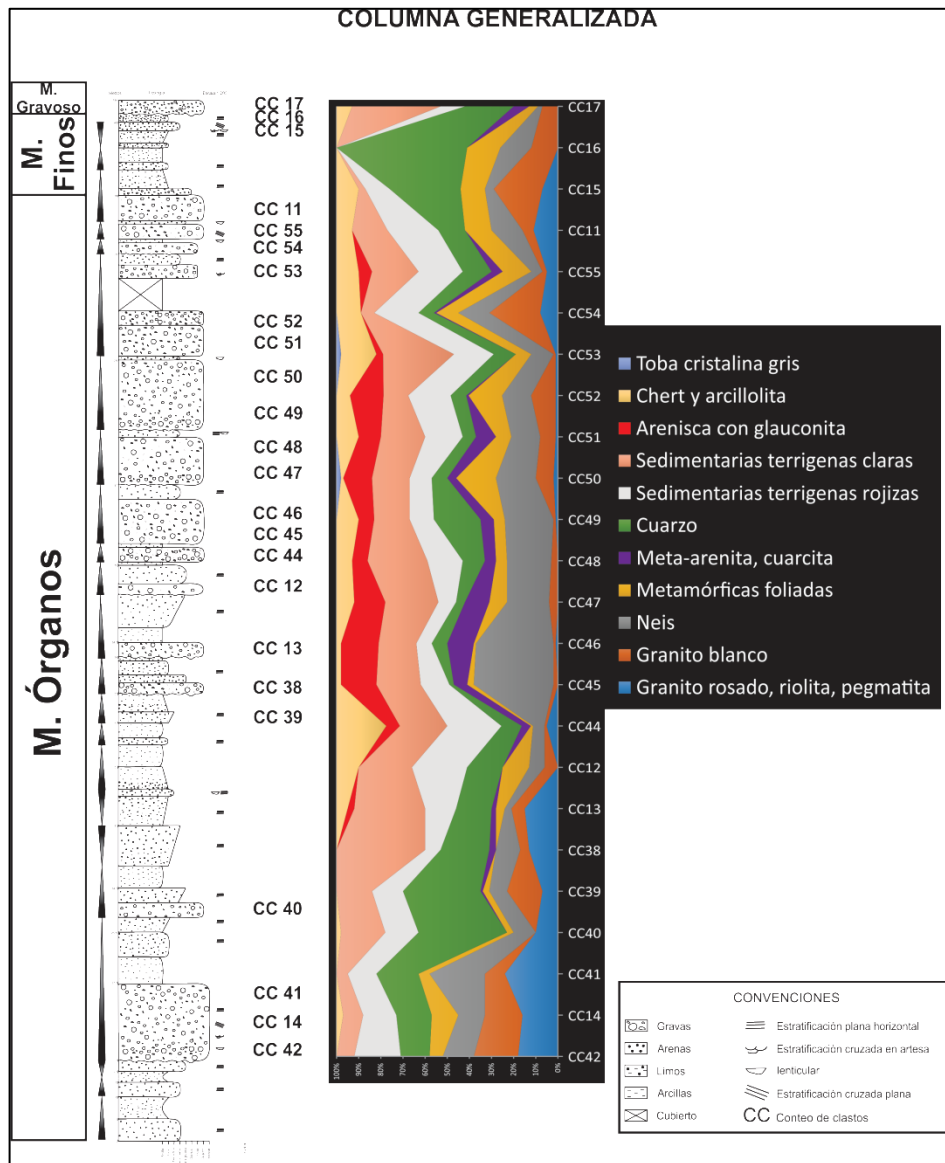
**Tabla 10.** Porcentajes de las litologías indicadoras de proveniencia en los conteos de clastos (CC) para la Columna 6.

COLUMNA 6		
LITOLOGIAS INDICADORAS	CC16	CC17
Granito rosado, riolita, pegmatita	0	0
Granito blanco	12	7
Neis	14	2
Metamórficas foliadas	15	4
Meta-arenita, cuarcita	0	7
Cuarzo	59	22
Sedimentarias terrígenas rojizas	0	11
Sedimentarias terrígenas claras	0	40
Arenisca con glauconita	0	0
Chert y arcillolita	0	7
toba cristalina gris	0	0

Para la columna 6, levantada en la vereda Llanadas (Girón), la composición de clastos distribuidos en la vertical muestra un predominio de cuarzo que es mayor en la base y disminuye hacia la parte superior. Las metamórficas foliadas, el neis y el granito blanco se comportan de la misma manera, aunque el contenido es menor. Las sedimentarias terrígenas escasas en la parte inferior aumentan significativamente hacia la parte superior, comportamiento que también presenta las sedimentarias terrígenas rojizas y el chert y la arcillolita, pero con cantidades menores. El granito rosado, riolita, pegmatita, la arenisca con glauconita y la toba cristalina gris están ausentes en la sección. (Figura 76).

### 8.5.7 Columna generalizada.

**Figura 77.** Variación en la composición de clastos para la columna generalizada. Distribución estratigráfica de la composición de clastos tamaño grava.



**Tabla 11.** Porcentajes de las litologías indicadoras de proveniencia en los conteos de clastos (CC) para la Columna Generalizada.

COLUMNA G.																								
LITOL OGIA S INDIC ADOR AS	C C 42	C C 14	C C 41	C C 40	C C 39	C C 38	C C 13	C C 12	C C 44	C C 45	C C 46	C C 47	C C 48	C C 49	C C 50	C C 51	C C 52	C C 53	C C 54	C C 55	C C 11	C C 15	C C 16	C C 17
Granit o rosado , riolita, pegma tita	18	16	24	10	7	13	15	0	5	0	1	0	0	1	2	1	1	1	8	5	11	7	0	0
Granit o blanco	20	17	9	0	16	4	6	6	1	2	1	4	3	1	8	7	11	1	23	2	5	22	12	7
Neis	14	12	25	10	8	11	3	7	5	36	35	19	20	22	18	13	13	10	14	5	14	4	14	2
Metam órficas foliada s	6	12	5	3	3	0	4	12	1	3	1	8	5	5	18	7	15	7	10	13	12	11	15	4
Meta arenita , cuarcit a	0	0	0	0	1	3	2	0	4	6	12	11	5	6	4	9	1	0	1	5	0	0	0	7
Cuarz o	13	16	19	40	35	22	16	16	9	2	7	4	10	21	7	6	7	10	7	13	12	32	59	22
Sedim entaria s terrige nas rojizas	21	15	13	15	14	7	14	25	24	13	7	8	16	11	10	17	19	18	20	20	23	11	0	11
Sedim entaria s terrige nas claras	8	9	5	20	16	40	32	24	21	20	17	24	27	16	17	20	11	32	6	21	16	3	0	40
Arenis ca con glauco nita	0	0	0	0	0	0	3	0	6	16	17	14	7	7	13	10	15	3	0	6	0	0	0	0
Chert y arcilloi ta	0	3	0	2	0	0	5	10	22	2	2	8	7	10	1	10	6	16	11	10	7	10	0	7
toba cristali na gris	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0

En el total del depósito se observa la aparición significativa del granito de rosado, riolita, pegmatita en la parte baja y superior de la columna, una continuidad del granito blanco a lo largo de toda la columna, junto con el neis, las metamórficas foliadas, cuarzo, sedimentarias terrígenas rojizas y las sedimentarias terrígenas claras. La meta-arenita y cuarcita, arenisca con glauconita, aparecen intermitentemente en el depósito. El chert y arcillolita, no aparece en la parte inferior de la sección pero es constante a partir de la parte inferior media. La toba cristalina gris es muy escasa, casi ausente y se restringe solo a la parte superior

media y superior. (Figura 77). Es importante destacar el contenido regular de las sedimentarias terrígenas claras, siendo la litología más importante por su abundancia en todo el depósito.

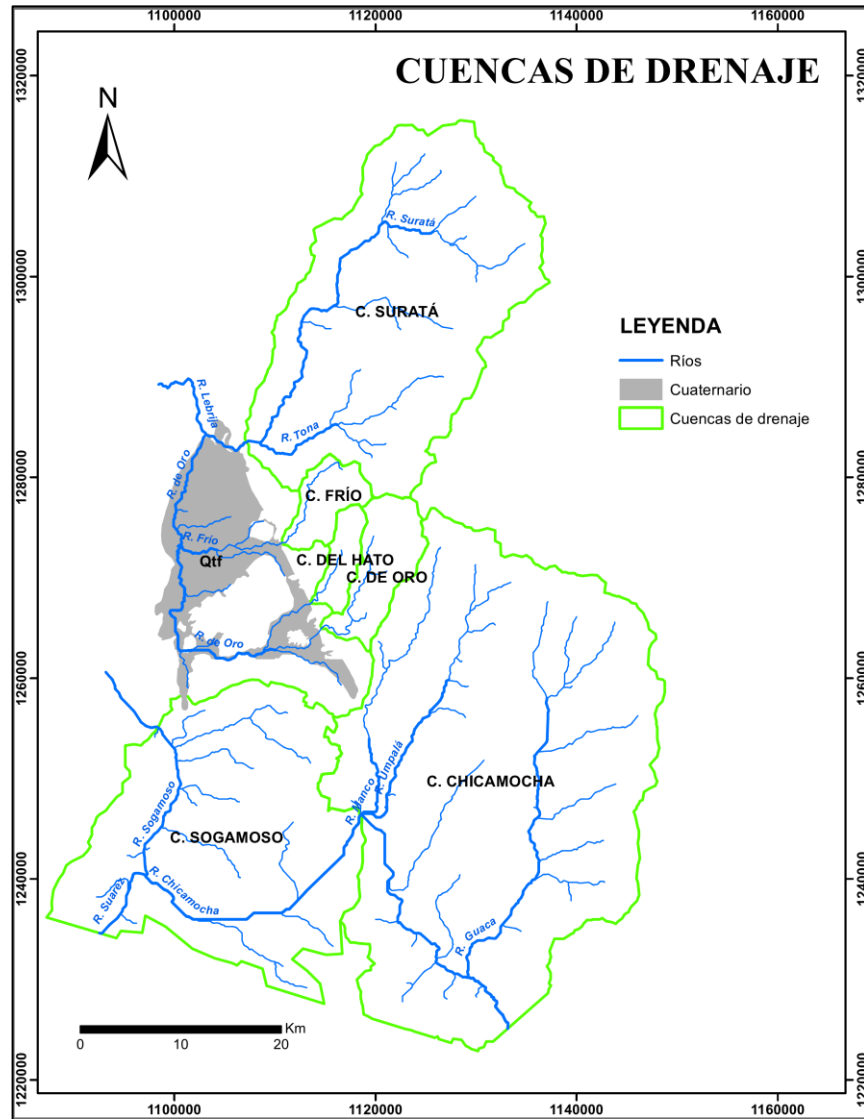
## 9. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

### 9.1 PROVENIENCIA DE LOS SEDIMENTOS DE LA FORMACIÓN BUCARAMANGA

Dado que el espesor total del depósito medido en el proyecto no supera los 200 m y los resultados de la composición de clastos en el tiempo no muestra un patrón relevante y definido de cambios en la composición litológica en la vertical (Figura 77), dificultando la aplicación de la metodología propuesta por Graham et al. (1986) y obliga a hacer un enfoque específico sobre las litologías indicadoras de proveniencia y fuentes potenciales de esas litologías existentes y estudiadas en el depósito. Espacialmente si se observan algunas variaciones en la composición de clastos, es así como al oeste y sur de la zona de estudio la presencia de clastos relacionados y denominados en el proyecto como granito rosado, riolita, pegmatita; puede llegar hasta el 40% y la arenisca con glauconita es muy escasa, casi ausente, mientras que hacia el centro y este de la zona el granito rosado, riolita, pegmatita disminuye significativamente hasta desaparecer en algunos sectores, a la vez que la arenisca con glauconita y las sedimentarias terrígenas claras y rojizas aumentan significativamente.

**9.1.1 Cuencas de drenaje de los principales ríos relacionados con el origen de la Fm. Bucaramanga.** Partiendo del hecho de que en el pasado las cuencas de drenaje pudieron no ser las mismas y con el fin de determinar la corriente fluvial que pudo transportar los sedimentos y su área fuente, se delimitaron las cuencas de drenaje de los principales ríos que se relacionan con la Fm. Bucaramanga (Figura 78), los cuales son el Río Suratá, Río Tona, Río Frío, Río Del Hato y Río de Oro que nacen al oriente del área metropolitana de Bucaramanga en el Macizo de Santander; pero además de acuerdo con Julivert (1958), los ríos Chicamocha y Sogamoso aunque en la actualidad no discurren sobre la Meseta de Bucaramanga podrían estar también relacionados con el transporte y depositación de los sedimentos que constituyen la Fm. Bucaramanga.

**Figura 78.** Cuencas de drenaje de los principales ríos relacionados con el origen de la Fm. Bucaramanga.



Hooke (1968) propone una relación matemática empírica entre el área de un abanico aluvial y el área de la cuenca de drenaje que permite hacer una aproximación a la posible área fuente de los sedimentos. La relación es la siguiente:

$$A_f = cA_d^n$$

Donde  $A_f$  es el área del abanico, que fue calculada en  $Mi^2$ ,  $A_d$  es el área de la cuenca de drenaje, igualmente calculada en  $Mi^2$  (Figura 79),  $c$  es el coeficiente empírico que equivale al área de un abanico con una cuenca de drenaje equivalente a una milla cuadrada y  $n$  es el exponente que equivale a la pendiente

de la regresión lineal del gráfico de área del abanico vs área de la cuenca de drenaje en  $Mi^2$ , presentado por Hooke (1968, pg. 611).

Los factores que influyen el coeficiente  $c$  son la tasa de variación del área de depositación vs el área de erosión, variaciones litológicas, la tectónica y el clima. El exponente  $n$  es influenciado por la cantidad de suministro de sedimentos por  $Mi^2$  en la cuenca de drenaje. Finalmente Hooke (1968) concluye que para cuencas de drenaje pequeñas con respecto a grandes cuenca de depositación,  $c$  es relativamente grande con un valor que varía en un rango de 0.96 a 2.1; y para cuencas de drenaje grandes con respecto a cuencas de depositación pequeñas  $c$  es relativamente pequeño con un rango de 0.15 a 1.05. Así mismo el exponente  $n$  es casi constante, generalmente menor que la unidad con un valor promedio ponderado de 0.9.

Los valores de  $c$  y  $n$  (casi constante) varían de acuerdo a los diferentes factores que lo influyen pudiendo llegar a variar considerablemente o mantenerse constante según las características del depósito estudiado y su geología regional.

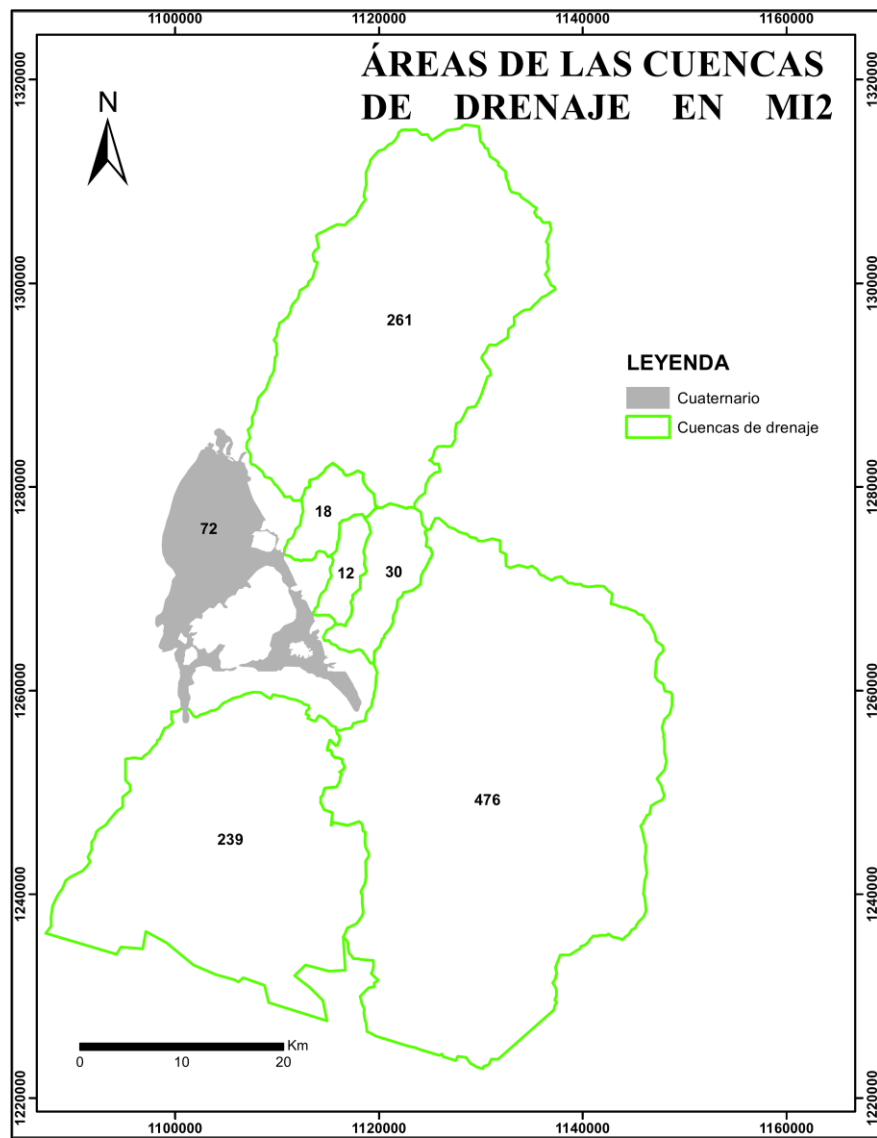
Buscando hacer una aproximación empleando la ecuación de Hooke (1968) que permita identificar las cuencas de drenaje de los principales ríos de la zona como potenciales áreas fuente del sedimento que constituyen la Fm. Bucaramanga; y partiendo de la hipótesis del abanico aluvial, se realizaron los cálculos de acuerdo a los parámetros definidos anteriormente.

Se tomaron los valores máximo y mínimo para el coeficiente  $c$  de acuerdo a la comparación entre las cuencas de drenaje y el área del depósito; de esta manera:

- Para las cuencas de drenaje de los ríos Frío, Del Hato y De Oro dado que son más pequeñas comparadas con el área del depósito se tomaron los valores mínimo y máximo de  $c$  en el rango de 0.96 a 2.1.
- Para las cuencas de los ríos Suratá, Chicamocha y Sogamoso dado que son más grandes comparados con el área del depósito se tomaron los valores mínimo y máximo de  $c$  en el rango de 0.15 a 1.05.

Así mismo el valor de  $n$  se tomó como constante igual a 0.9.

**Figura 79.** Áreas en millas cuadradas de las cuencas de drenaje de los principales ríos relacionados con el origen de la Fm. Bucaramanga.



Los cálculos obtenidos empleando la ecuación de Hooke (1968) para comparar las áreas de drenaje de los principales ríos con el área del abanico son los siguientes:

Para las cuencas pequeñas:

Ríos	$c = 0.96$ y $n = 0.9$	$c = 2.1$ y $n = 0.9$
Río Frío	$72 = 12.9 (Mi^2)$	$72 = 28.3 (Mi^2)$
Río Del Hato	$72 = 8.9 (Mi^2)$	$72 = 19.6 (Mi^2)$
Río De Oro	$72 = 20.4 (Mi^2)$	$72 = 44.8 (Mi^2)$

Para las cuencas grandes:

Ríos	$c = 0.15$ y $n = 0.9$	$c = 1.05$ y $n = 0.9$
Río Suratá	$72 = 22.4 (Mi^2)$	$72 = 157.1 (Mi^2)$
Río Chicamocha	$72 = 38.5 (Mi^2)$	$72 = 269.7 (Mi^2)$
Río Sogamoso	$72 = 20.7 (Mi^2)$	$72 = 145.1 (Mi^2)$

Dado que no hay aproximación gruesa en estas comparaciones, no parece ser posible que el depósito sea un depósito de abanico aluvial depositado por estas corrientes, descartando así; una única fuente de sedimento para el depósito de la Fm Bucaramanga.

**9.1.2 Unidades litoestratigráficas presentes en las cuencas de drenaje de los principales ríos que podrían estar relacionados con el origen de la Fm. Bucaramanga.** Con el fin de relacionar el área o las áreas principales de aporte del sedimento de la Fm. Bucaramanga con corrientes fluviales que hayan podido transportar los sedimentos; en este apartado se asignan las unidades litoestratigráficas que se encuentran dentro de las cuencas de drenaje de los principales ríos que se relacionan con el depósito estudiado, y que se encuentran dentro de los bloques tectónico de la región. Es importante resaltar que las cuencas de drenaje actuales pudieron no ser las mismas durante la depositación de la Fm. Bucaramanga, así como también la configuración del drenaje; por lo cual la importancia de este apartado solo radica en relacionar las litologías de los clastos indicadores de proveniencia y sus respectivas unidades litoestratigráficas con las áreas donde afloran y han sido cartografiadas en Royero y Vargas (1999), teniendo en cuenta las corrientes fluviales que pudieron transportarlos.

Aunque se tienen algunas variaciones en la abundancia litológica en diferentes sectores del área de estudio; para tener un aproximado de la composición de clastos en la totalidad del depósito, que permita identificar que litologías con sus respectivas unidades son más abundantes así como que áreas fuente fueron más importantes por su aporte de sedimento; se elaboró la tabla 12.

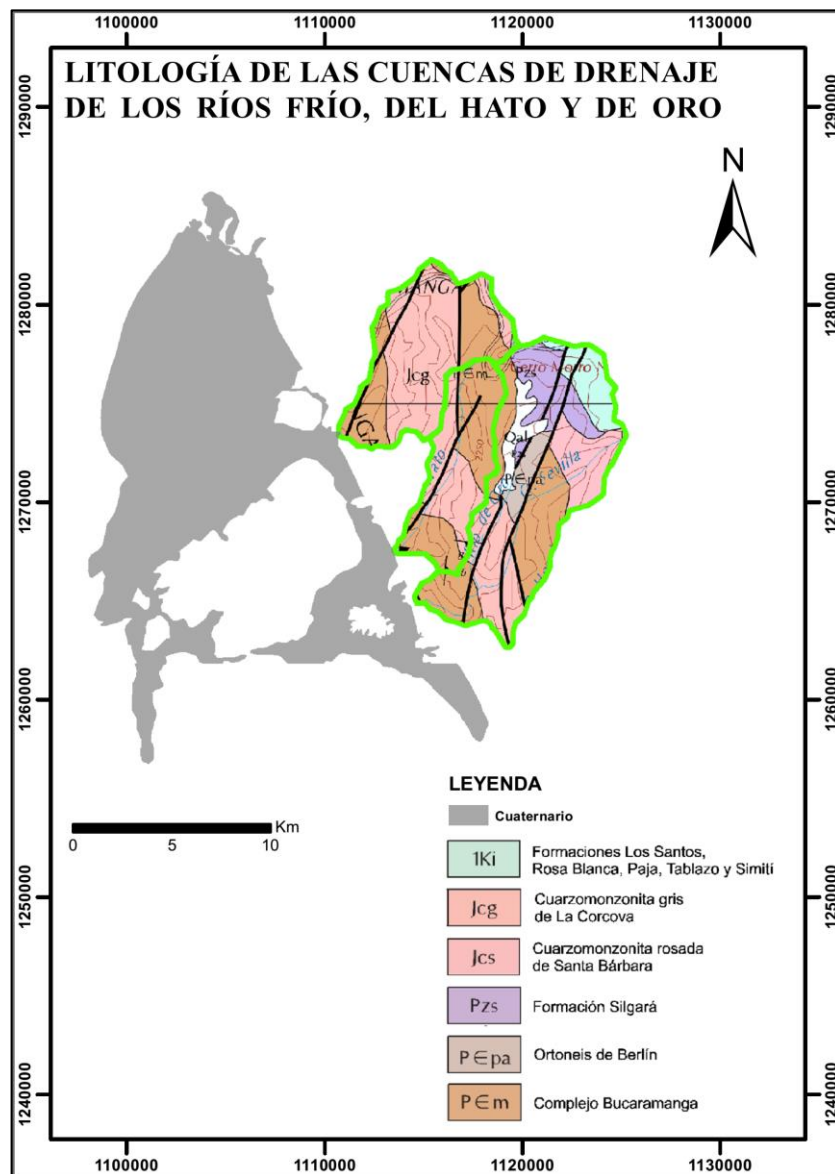
**Tabla 12.** Porcentaje promedio de las litologías indicadores de proveniencia en la totalidad del área de estudio.

LITOLOGÍAS INDICADORES DE PROVENIENCIA	PORCENTAJE PROMEDIO
Granito rosado, riolita, pegmatita	13%
Granito Blanco	8%
Neis	13%
Metamórficas foliadas	7.4%
Meta-arenita, cuarcita	3.4%
Cuarzo	18%
Sedimentarias terrígenas rojizas	11%
Sedimentarias terrígenas claras	17.1%
Arenisca con glauconita	4%
Chert y arcillolita	5%
Toba cristalina gris	0.1%

- **Cuencas de drenaje de los ríos Frío, Del Hato y De Oro.**

Las cuencas de drenaje de los ríos Frío, Del Hato y De Oro, incluyen las unidades litoestratigráficas presentadas en la figura 80. Relacionando estas unidades con las litologías de los clastos indicadores de proveniencia planteados en el proyecto, se evidencia que las litologías denominadas granito rosado, riolita y pegmatitas (típicas del Granito de Pescadero), sedimentarias terrígenas rojizas, arenisca con glauconita, chert y arcillolita y, toba cristalina gris, no están presentes en las cuencas, descartando cada una de estas como fuente principal del sedimento que conforma la Fm. Bucaramanga, al no encontrarse todas las litologías de los clastos reconocidas en el proyecto (tabla 13).

**Figura 80.** Mapa de las unidades litoestratigráficas presentes en las cuencas de drenaje de los ríos Frío, Del Hato y De Oro.



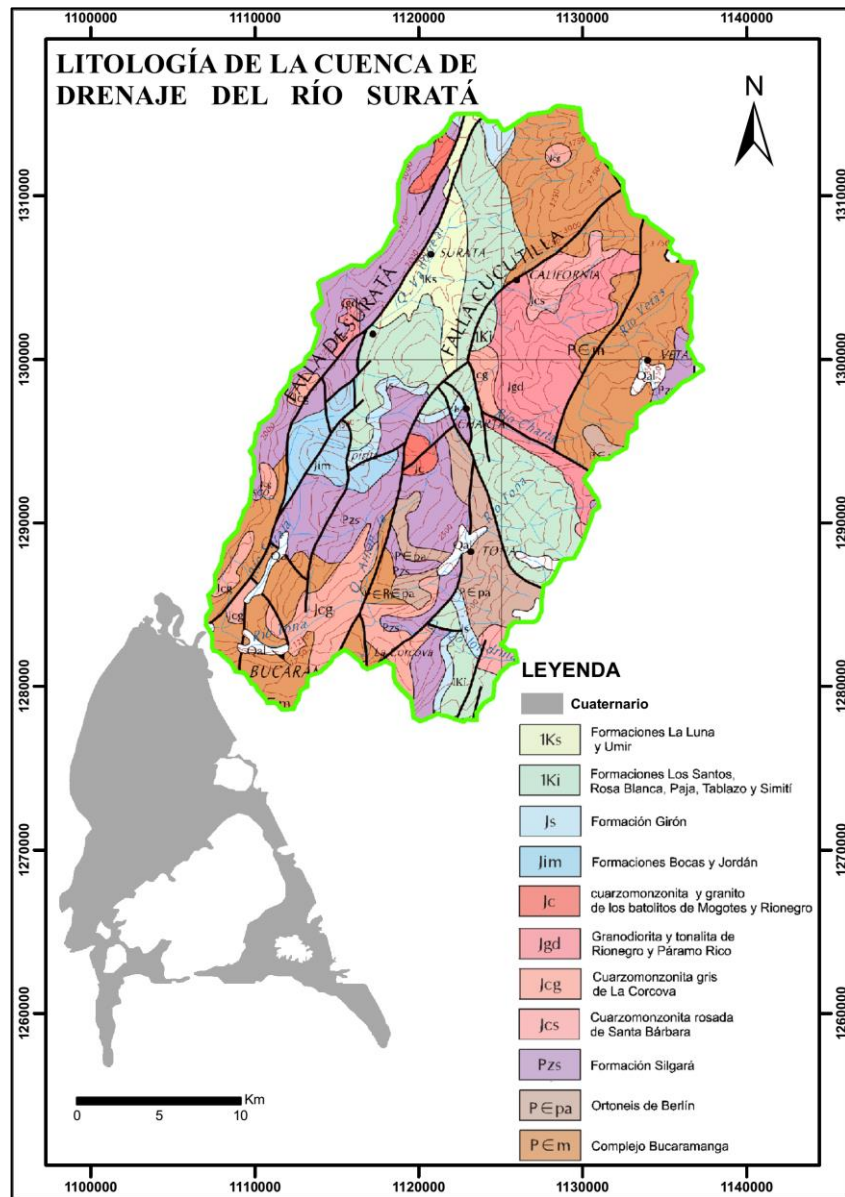
**Tabla 13.** Presencia de las litologías indicadoras de proveniencia en las cuencas de drenaje de los ríos Frío, Del Hato y De Oro.

LITOLÓGAS INDICADORAS DE PROVENIENCIA	PRESENCIA EN LAS CUENCAS DE DRENAJE
Granito rosado, riolita, pegmatita	—
Granito Blanco	Si
Neis	Si
Metamórficas foliadas	Si
Meta-arenita, cuarcita	Si
Cuarzo	Si
Sedimentarias terrígenas rojizas	—
Sedimentarias terrígenas claras	Si
Arenisca con glauconita	—
Chert y arcillolita	—
Toba cristalina gris	—

- **Cuenca de drenaje del Río Suratá.**

La cuenca de drenaje del Río Suratá, elemento importante en la discusión acerca del origen de los sedimentos que constituyen la Fm. Bucaramanga; incluyen las unidades litoestratigráficas presentadas en la figura 81. Relacionando estas unidades con las litologías de los clastos indicadores de proveniencia planteados en el proyecto, se evidencia que el granito rosado, riolita, pegmatita (típicas del Granito de Pescadero), arenisca con glauconita y toba cristalina gris, no están presentes en la cuenca, lo que indica que el Río Suratá probablemente no fue el cauce principal que transportó y depositó estos sedimentos como se ha propuesto en distintos trabajos anteriores (como: Niño y Vargas 1992, Ingeominas 2001, 2005 y Jiménez et al. 2015); pues varios clastos cuyo análisis petrográfico y su respectiva unidad litoestratigráfica correlacionada, han sido reportados en lugares que no están dentro de la cuenca de drenaje del Río Suratá (tabla 14).

**Figura 81.** Mapa de las unidades litoestratigráficas presentes en la cuenca de drenaje del Río Suratá.



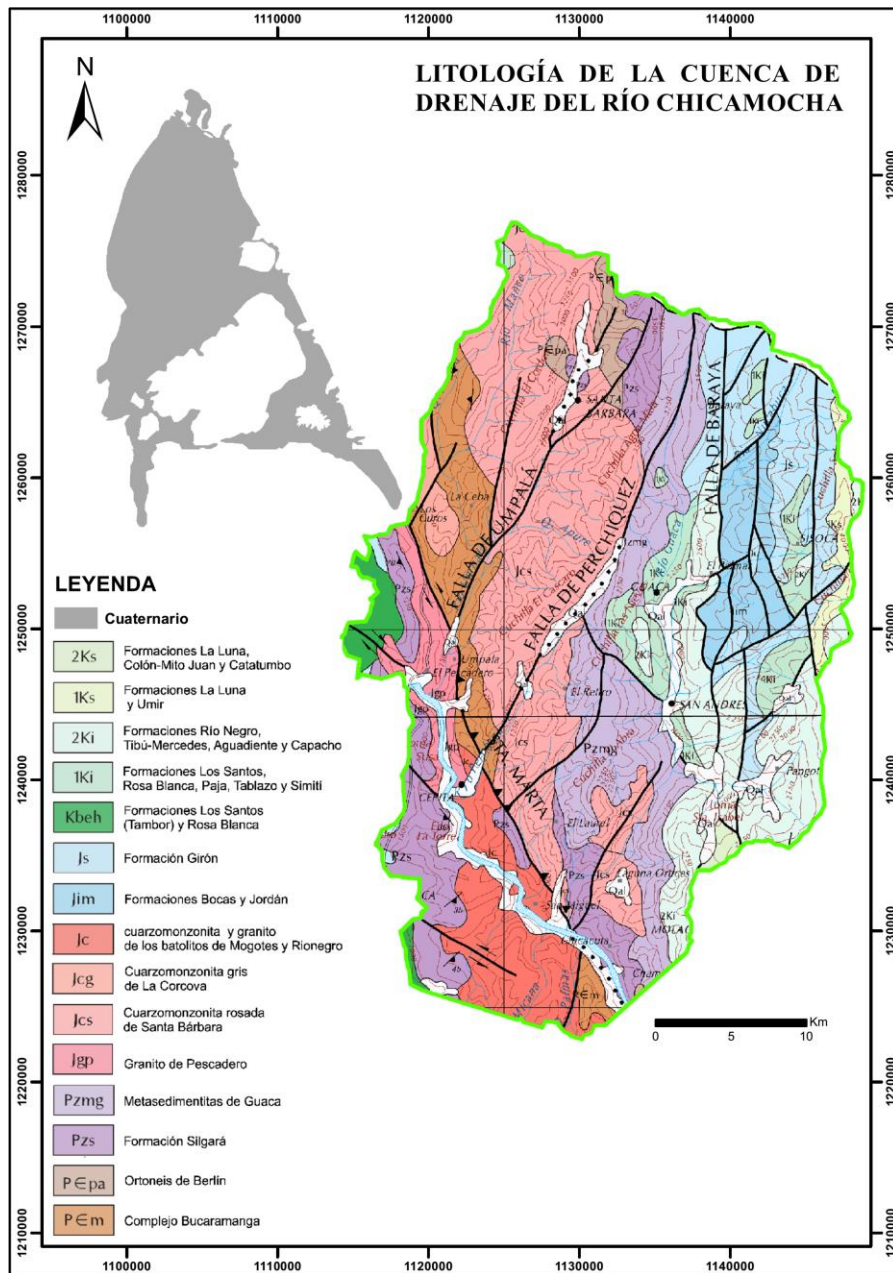
**Tabla 14.** Presencia de las litologías indicadoras de proveniencia en la cuenca de drenaje del Río Suratá.

LITOLOGÍAS INDICADORAS DE PROVENIENCIA	PRESENCIA EN LA CUENCA DE DRENAJE
Granito rosado, riolita, pegmatita	—
Granito Blanco	Si
Neis	Si
Metamórficas foliadas	Si
Meta-arenita, cuarcita	Si
Cuarzo	Si
Sedimentarias terrígenas rojizas	Si
Sedimentarias terrígenas claras	Si
Arenisca con glauconita	—
Chert y arcillolita	Si
Toba cristalina gris	—

- **Cuenca de drenaje del Río Chicamocha.**

La cuenca de drenaje del Río Chicamocha, incluye las unidades litoestratigráficas presentadas en la figura 82. Relacionando estas unidades con las litologías de los clastos indicadores de proveniencia planteados en el proyecto, se evidencia que todas las litologías están presentes a excepción de la toba cristalina gris, de esta manera el Río Chicamocha pudo ser el cauce o parte del cauce principal que transportó y depositó los sedimentos que constituyen la Fm. Bucaramanga. Como fue planteado por Julivert (1958), este río en el pasado se prolongaba por la Meseta de Bucaramanga, posteriormente fue capturado en dirección oeste y se unió al Suarez para formar el Sogamoso, que también se prolongaba por la Meseta de Bucaramanga transportando y depositando estos sedimentos (tabla 15).

**Figura 82.** Mapa de las unidades litoestratigráficas presentes en la cuenca de drenaje del Río Chicamocha.



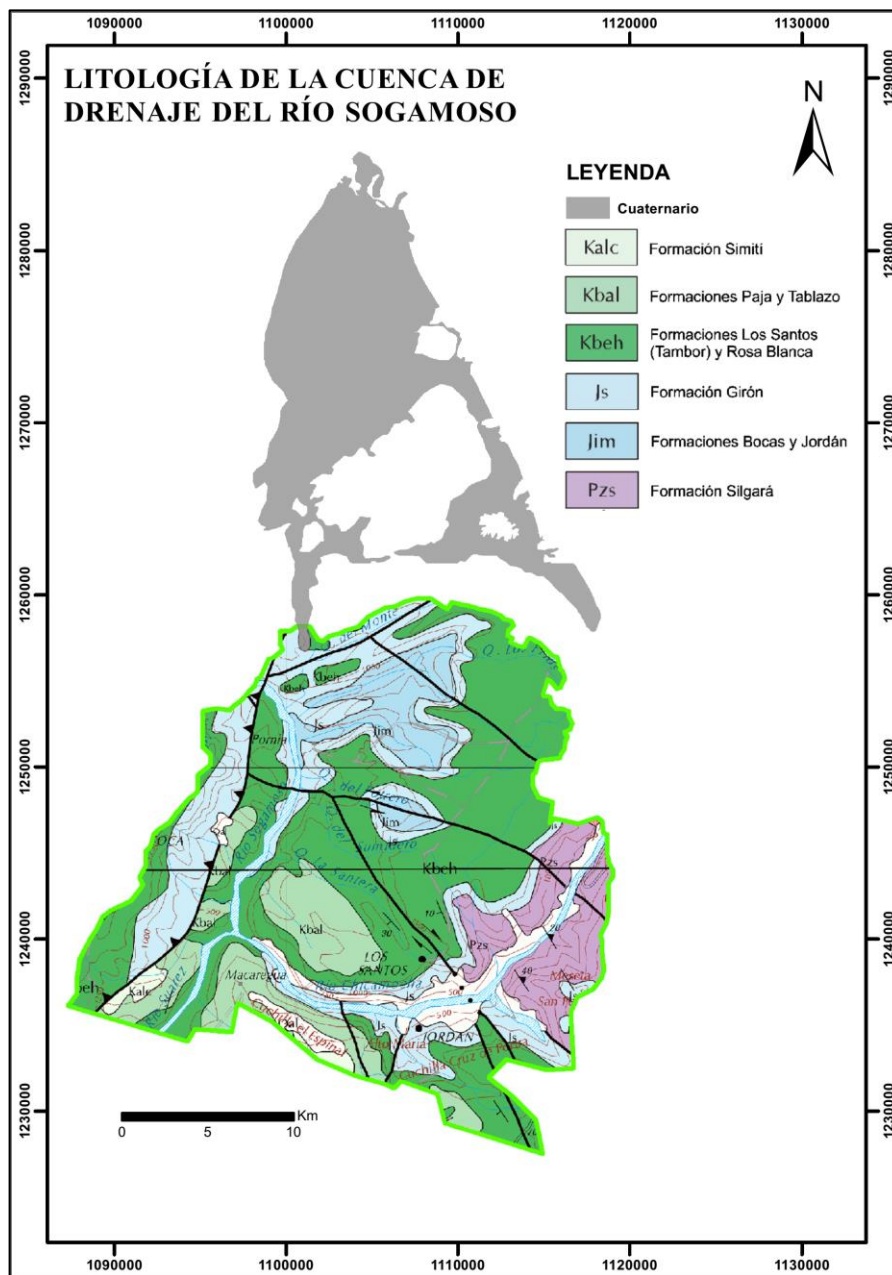
**Tabla 15.** Presencia de las litologías indicadoras de proveniencia en la cuenca de drenaje del Río Chicamocha.

LITOLOGÍAS INDICADORAS DE PROVENIENCIA	PRESENCIA EN LA CUENCA DE DRENAJE
Granito rosado, riolita, pegmatita	Si
Granito Blanco	Si
Neis	Si
Metamórficas foliadas	Si
Meta-arenita, cuarcita	Si
Cuarzo	Si
Sedimentarias terrígenas rojizas	Si
Sedimentarias terrígenas claras	Si
Arenisca con glauconita	Si
Chert y arcillolita	Si
Toba cristalina gris	—

- **Cuenca de drenaje del Río Sogamoso.**

La cuenca de drenaje del Río Sogamoso, incluye las unidades litoestratigráficas presentadas en la figura 83. Relacionando estas unidades con las litologías de los clastos indicadores de proveniencia planteados en el proyecto, se evidencia que el granito blanco, neis, arenisca con glauconita, chert y arcillolita y, toba cristalina gris, no están presentes en la cuenca, descartando esta cuenca de drenaje como única fuente principal del sedimento que conforma la Fm. Bucaramanga. Pero partiendo de la hipótesis de Julivert (1958), y teniendo en cuenta que parte de la cuenca actual de Río Sogamoso es la cuenca del Río Chicamocha y al unir las se observa que estas dos cuencas conforman una sola que posterior a la captura del Río Chicamocha y cambio de dirección al oeste, conformando el Sogamoso al unirse al Suarez, seguía su curso al norte por la Meseta de Bucaramanga, transportando y depositando los sedimentos de la Fm. Bucaramanga (tabla 16).

**Figura 83.** Mapa de las unidades litoestratigráficas presentes en la cuenca de drenaje del Río Sogamoso.



**Tabla 16.** Presencia de las litologías indicadoras de proveniencia en la cuenca de drenaje del Río Sogamoso.

LITOLOGÍAS INDICADORES DE PROVENIENCIA	PRESENCIA EN LA CUENCA DE DRENAJE
Granito rosado, riolita, pegmatita	—
Granito Blanco	—
Neis	—
Metamórficas foliadas	Si
Meta-arenita, cuarcita	Si
Cuarzo	Si
Sedimentarias terrígenas rojizas	Si
Sedimentarias terrígenas claras	Si
Arenisca con glauconita	—
Chert y arcillolita	—
Toba cristalina gris	—

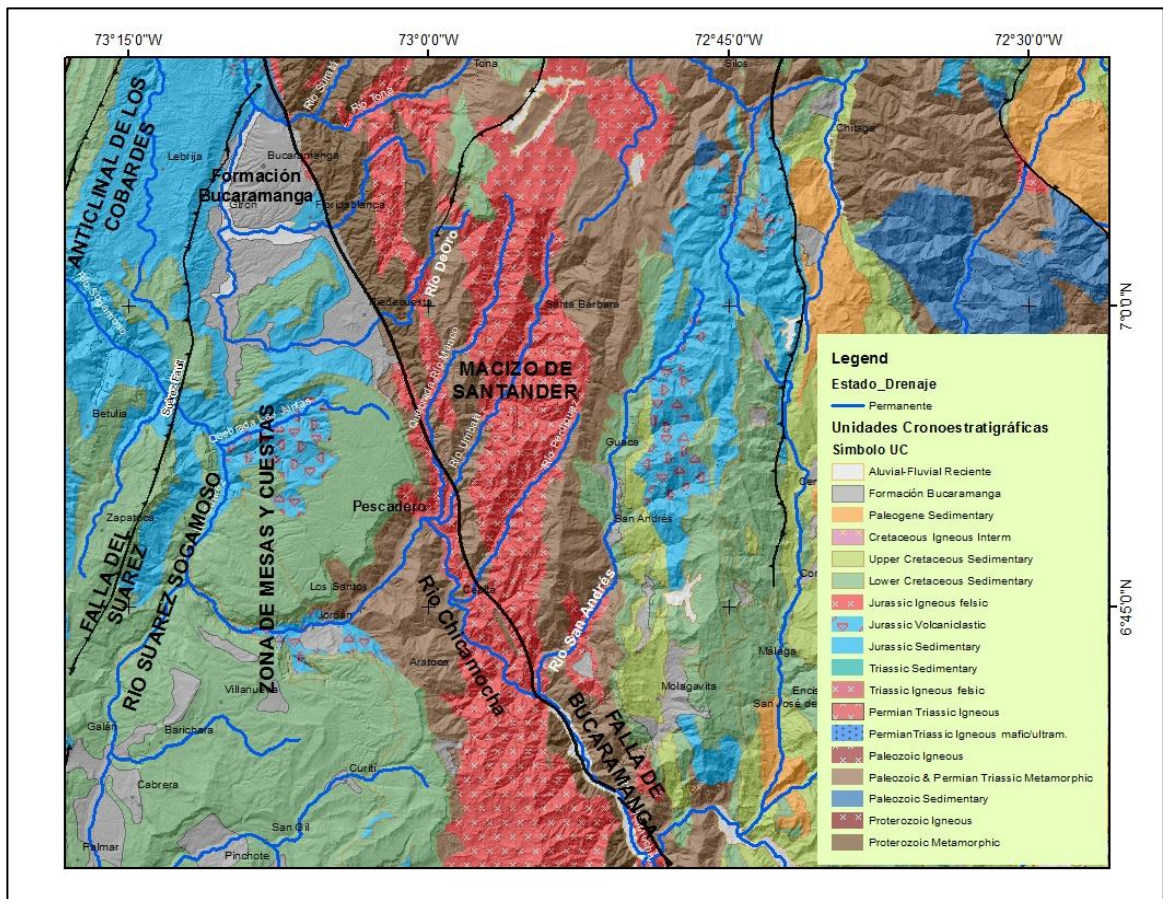
De esta manera dentro de las actuales cuencas de drenaje de los ríos Chicamocha y Sogamoso, se encontrarían las áreas fuente principales de los sedimentos que constituyen la Fm. Bucaramanga, esto debido a que cumplen con el contenido completo de las litologías identificadas en los análisis petrográficos de los clastos recolectados. Además la presencia de litologías indicadoras de proveniencia que solo se encontraron en estas áreas como lo son el granito rosado, riolita, pegmatita (pertenecientes al Granito de Pescadero) y la arenisca con glauconita (de las formaciones Tibú-Mercedes y Aguardiente), así como también los reportes hechos por Ward et al. (1973) de filitas o esquistos con porfidoblastos y esquistos micáceos de la Fm. Silgará, típicos en la faja Piedecuesta-Aratóca, que junto con capas de chert y porcelanita en los alrededores de San Andrés y Guaca pertenecientes a la Fm. La Luna, son evidencia contundente. También es importante destacar la abundancia de litologías como Sedimentarias terrígenas claras (17.1%) y rojizas (11%) correlacionadas a las formaciones Tambor, Tibú- Mercedes, Aguardiente, Girón y Jordán respectivamente, que afloran en amplios sectores dentro de estas cuencas y representan un porcentaje importante en el depósito de la Fm. Bucaramanga; así como también el granito rosado, riolita, pegmatita con 13% del total de la composición de clastos. litologías como el cuarzo (18%), neis (13%) y el granito blanco (8%), aunque presentan porcentajes importantes afloran en toda el área oriental de la Meseta de Bucaramanga y en las cuencas ubicadas al sureste y

noreste de la misma, por lo cual no son relevantes al momento identificar el área fuente principal de los sedimentos.

Cabe también reconocer los aportes laterales en dirección este-oeste transportados por los ríos que fluyen en esta dirección y a través de la Meseta de Bucaramanga van a desembocar al Río De Oro; como lo son los ríos Frío, Del Hato, el mismo de Oro y con mayor importancia el Río Suratá. Aportes que podrían interdigitarse con el flujo principal de sedimento que se daba en sentido sur-norte.

**9.1.3 Principales bloques tectónicos del área de estudio, potenciales fuente del sedimento. De la Fm. Bucaramanga.** Durante la depositación de la Fm. Bucaramanga, bloques levantados al este y sur de la Meseta de Bucaramanga, en donde hoy se ubican las cuencas de drenaje de los ríos Chicamocha y Sogamoso; fueron la fuente principal de los sedimentos. Estos bloques de acuerdo con Julivert (1958) corresponden al flanco oeste del Macizo de Santander y la parte sur de la Región de las Mesas. Un Vasculamiento en sentido sur-norte direccionó el drenaje hacia el norte, por lo cual el aporte principal de los sedimentos que constituyen la Fm. Bucaramanga viene del sur y sureste de la Meseta de Bucaramanga.

**Figura 84.** Principales bloques tectónicos del área de estudio, potenciales fuente de sedimento.



Fuente. Gómez et al. 2015. Modificado.

## 9.2 APROXIMACIÓN A LA EVOLUCIÓN GEOLÓGICA DE LA FM. BUCARAMANGA

Teniendo en cuenta que la fuente principal del sedimento de la Fm. Bucaramanga se encuentra dentro de los bloques levantados ubicados al sur y sureste del área Metropolitana de Bucaramanga, como se planteó en este proyecto; y dando fuerza a la hipótesis propuesta por Julivert (1958), se construyó una aproximación a la evolución geológica de esta formación, tomando como referencia a este autor.

**9.2.1 Eoceno tardío.** Con el levantamiento del anticlinal de Los Cobardes, al suroeste de la zona de estudio, se tienen las etapas iniciales del levantamiento de la Cordillera Oriental, en este sector del departamento de Santander (Caballero, 2010).

**9.2.2 Oligoceno a Mioceno.** Durante este lapso de tiempo a medida que continuaba el levantamiento de la cordillera Oriental en este sector; se daba erosión en la misma, alcanzando un equilibrio entre estos dos procesos, que no permitió el desarrollo de un relieve acusado, sino una superficie plana con forma de mesa, en lo que Julivert (1958) denominó: superficie arrasada de la Región de Las Mesas. Esta erosión removi6 las capas superiores como las formaciones la Paz y Esmeraldas del Pale6geno, capas del Cretácico superior de las formaciones Umir, La Luna y parte del Cretácico inferior como las formaciones Simití, Tablazo, Paja y Rosa Blanca.

Un vasculamiento hacia el sur se daba en la Región de Las Mesas (que se extiende desde el norte de Bucaramanga, hacia el sur hasta el municipio de Vélez); evidenciado por la Aparición cada vez más al norte de niveles más antiguos; es así como en Barichara y Zapatoca aparece el Cretácico marino; en los Santos, Ruitoque y sur de Lebrija la base del Cretácico y en la plataforma de Lebrija y su prolongación al norte solo se tiene el Jura-Triásico (Julivert, 1958).

**9.2.3 Plioceno a Pleistoceno.** La superficie arrasada, se fractura, proceso que pudo iniciarse desde principios del Pale6geno, pero toma verdadera importancia durante el Plioceno y el Cuaternario. Dicha superficie sufre varias deformaciones, en sentido norte-sur queda rota en dos partes por la falla del Suarez (figura 85a). De los bloques, el occidental (conformado por la plataforma de Lebrija y la serranía de Zapatoca) se eleva hacia el sur y el oriental (conformado por las mesas de Bucaramanga, Ruitoque, Los Santos y Barichara) hacia el este. En cada uno de ellos aparecen cursos de agua consecuentes con su vasculamiento; de este a oeste para el bloque oriental y de sur a norte para el bloque occidental. Los ríos así formados marcan un relieve muy insipiente sobre la superficie arrasada, construyendo el relieve que se conserva en las mesas actuales.

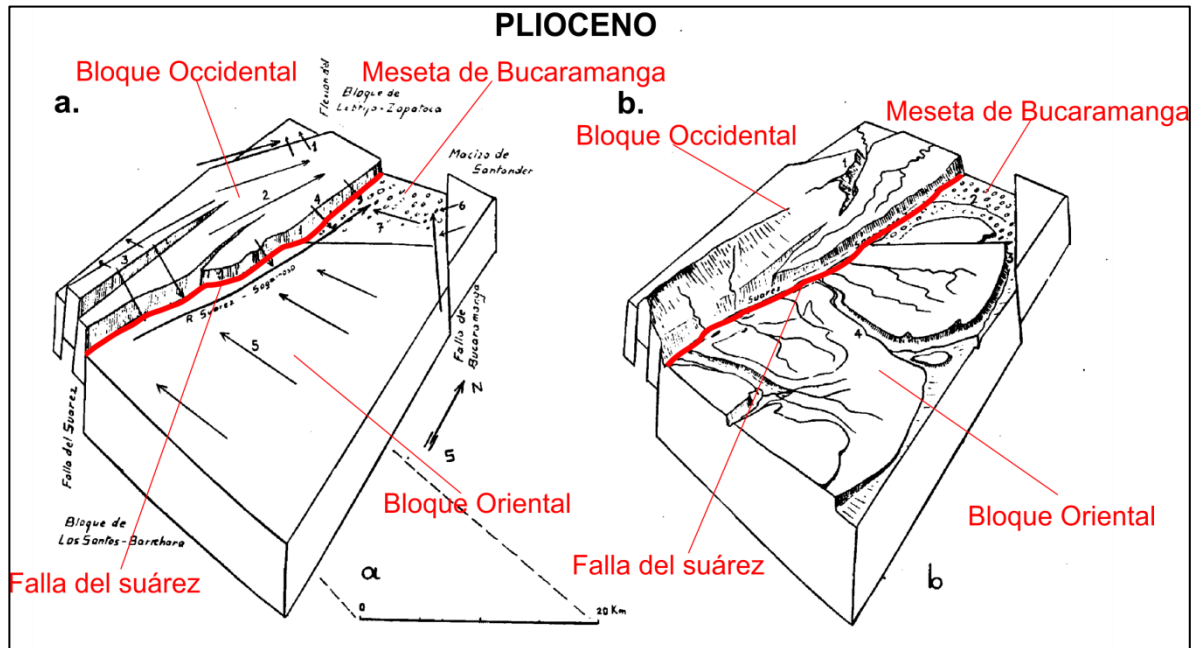
La aparición de accidentes tectónicos orientados norte-sur, como la falla del Suarez y la falla de Bucaramanga, da lugar a la creación de los ríos de mayor importancia como el Suarez-Sogamoso y el Chicamocha, que se continuaban hacia el norte por la Meseta de Bucaramanga. El Suarez continuaba por Choc6a y Gir6n y el Chicamocha por el valle de Guatiguará y posiblemente se unía al Suárez en el sector de Choc6a (Tes6n et al. 2015).

La elevación de la cordillera continuaba y los ríos más importantes (Suarez y Chicamocha), profundizan fuertemente sus valles.

Entre las fallas que rompen el bloque en elevación queda una pequeña depresión tectónica en hundimiento a pesar de la tendencia a la elevación; se trata del Área de Bucaramanga-Girón-Chocóa-Piedecuesta; en la que se tiene lugar una sedimentación fluvial importante de la que es responsable principal el río Sogamoso que transcurría por esta área (Julivert, 1958). Dicha depresión se está hundiendo hacia el norte, evidenciado por el marcado desarrollo del drenaje hacia el sur del depósito y además se tienen retazos de la plataforma inicial (capas del Cretácico) al norte de Bucaramanga que están por debajo del depósito de la Fm. Bucaramanga. Este hundimiento frente a la tendencia general a la elevación de la cordillera fue la causa de la acumulación del sedimento en esta zona.

Al lado oeste de esta región, en el valle del Magdalena, el Río Magdalena recibe multitud de afluentes procedentes de la Cordillera Oriental, que tienden por erosión regresiva a penetrar y excavar transversalmente esta región. La existencia de esta red de drenaje transversal trae como consecuencia la captura de los cursos que fluyen hacia el norte, como es el caso del Río Chicamocha en dirección oeste para unirse al Suárez y formar el Sogamoso, marcando el codo e captura de Pescadero. Evento que pudo ocurrir anterior al depósito de la Fm. Bucaramanga (Julivert, 1958). También la Quebrada de Zapatoca que antes seguía su curso por el norte, es capturada y cambia su dirección al oeste. Ésta quebrada iba erosionando regresivamente el bloque occidental de la Región de las Mesas, hasta llegar a capturar el Río Sogamoso y desviar su curso hacia el oeste al sur de Chocóa; debido al desnivel creado por la flexión del Chucurí y la mayor proximidad al nivel base. Esta captura de acuerdo con Julivert (1958) es posterior al depósito de la Fm. Bucaramanga, considerando este río como el principal curso que transportó y depositó estos sedimentos. (Figura 85b).

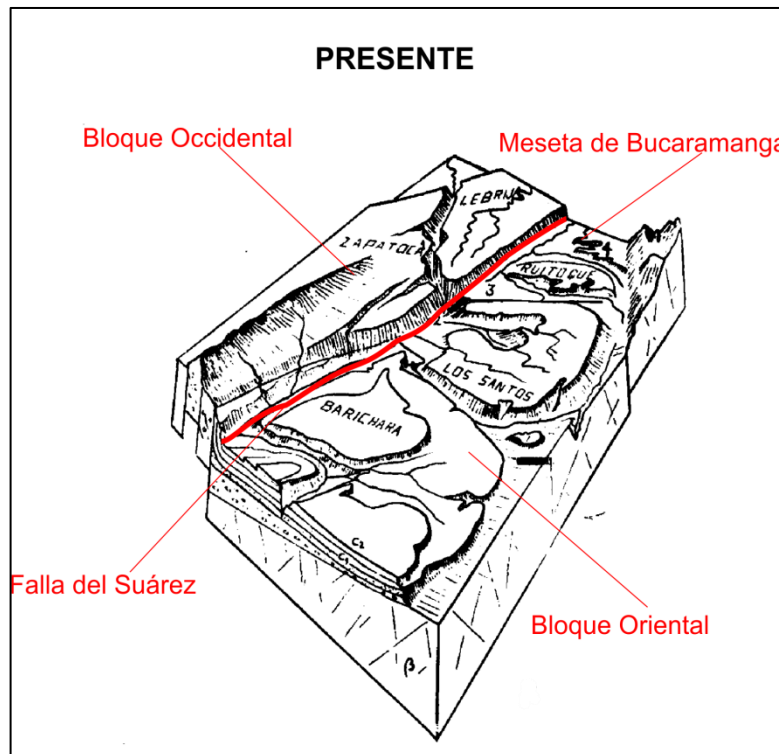
**Figura 85.** Bloque-diagrama de la evolución geológica de la Región de Las Mesas y sus implicaciones en el origen de la Fm. Bucaramanga. Durante el Plioceno. a. Primeras etapas de la deformación de la región de las Mesas. b. Etapa posterior a la captura del río Chicamocha, con mayor desarrollo del relieve en la región de las Mesas.



Fuente. Julivert (1959), modificado por el autor.

**9.2.4 Pleistoceno al presente.** A partir de este momento Julivert (1958), considera que las fallas principales de la zona dejan de jugar un papel importante en la configuración del paisaje. El movimiento de elevación de la cordillera continua, al cual se suma el graben de Bucaramanga y los ríos principales (Chicamocha y Sogamoso) se encajonan hasta alcanzar la configuración actual. El Sogamoso deja el valle de Chocó 600 m por encima de su curso actual. Así también sobre la Meseta de Bucaramanga en elevación; se forma un relieve marcado por la erosión de los sedimentos de la Fm. Bucaramanga, mostrando un drenaje mejor desarrollado en el sur producto del vasculamiento hacia el norte que se presenta, tal como se observa hoy en día (figura 86).

**Figura 86.** Bloque-diagrama de la evolución geológica de la Región de Las Mesas y sus implicaciones en el origen de la Fm. Bucaramanga. Relieve actual de esta región.



**Fuente.** Tomado de Julivert (1958), modificado por el autor.

## 10. CONCLUSIONES

Con el levantamiento de 6 columnas estratigráficas en el área de estudio se reconocieron, algunos miembros de la Fm. Bucaramanga, como el Miembro Órganos (136 m), el miembro Finos (11 m) y el miembro Gravoso (2 m visibles).

El abanico de Río Frío, nombre propuesto por Vargas (1993) para los sedimentos cuaternarios localizados al sur del río Frío; de acuerdo con este proyecto no corresponderían a un depósito diferente al de la Fm. Bucaramanga descrita por Niño y Vargas (1994), Bueno y Solarte (1994) e Ingeominas (2001 y 2005), entre otros. En realidad corresponderían a los mismos sedimentos localizados al norte de este río como consideraron en su momento Julivert (1958) y Porta (1959). De esta manera la Fm. Bucaramanga no solo corresponde a los sedimentos cuaternarios que limitan al sur con el Río Frío y se extienden hasta el norte de Bucaramanga, sino que también comprenden los sedimentos que se tienen al sur del Río Frío, sur de Ruitoque, hasta Chocóa y Piedecuesta (aunque no en la totalidad de sus miembros). Así mismo, estos sedimentos no fueron depositados por el Río Frío como fue propuesto por Vargas (1993) e Ingeominas (2001), sino por el mismo curso que depositó los sedimentos de la Fm. Bucaramanga; teniendo en cuenta que pudo tener aportes laterales, en sentido este-oeste depositados por los ríos Suratá, Frío, Del Hato y De Oro.

Ingeominas (2001) propone que al sur del Río Frío se tiene un depósito de abanico aluvial antiguo, y otros 2 más jóvenes hacia el norte relacionados al desplazamiento de la falla de Bucaramanga (Jiménez, 2015); según observaciones geomorfológicas de los patrones de drenaje. Teniendo en cuenta que en el presente proyecto se determinó de acuerdo con Julivert (1958) y Porta (1959) que estos sedimentos también constituyen la Fm. Bucaramanga, y que posterior a la captura del Río Sogamoso un levantamiento total de la cordillera en este sector del departamento de Santander; que incluía el Graben de Bucaramanga, se estaba dando. Así, este levantamiento provocó la erosión del depósito, que fue disectado por los ríos y quebradas mayores que fluían hacia el oeste para desembocar en el Río De Oro como se observa hoy en día. Además se configuró un relieve marcado por el drenaje que fluía sobre el depósito y que presentaba un mayor desarrollo en el sur producto del vasculamiento hacia el norte del Graben de Bucaramanga, propuesto por Julivert (1958).

De acuerdo con Boggs (1987) el concepto de abanico aluvial hace énfasis en la superficie geomorfológica, dado que en el aspecto sedimentológico los depósitos aluviales y fluviales no difieren considerablemente, pues para Nichols (2009) los depósitos de abanicos aluviales pueden ser por flujos de escombros, flujos

laminares como también por sistemas de corrientes trenzadas de ríos distributarios. Siendo así y teniendo en cuenta que el depósito de la Fm. Bucaramanga se prolonga hacia el sur hasta Chocó y Piedecuesta, y no conserva la forma de cono característica de los abanicos aluviales, se debe considerar otro sistema de depositación fluvial diferente al abanico aluvial.

Blair y McPherson (1994; en Nichols, 2009), consideran que un abanico aluvial es una característica a pequeña escala, que es depositado por flujos de gravedad, principalmente flujos de escombros y flujos de régimen superior. Según esto muchos depósitos no serían abanicos aluviales sino sistemas distributarios fluviales o deltas trenzados; como es el caso de la Fm. Bucaramanga en la cual la presencia de estructuras sedimentarias primarias, la alta redondez y esfericidad de los clastos en las capas gravosas son evidencia que pone en duda que el depósito corresponda a un abanico aluvial, formado principalmente por flujos de escombros y flujos laminares.

Hooke (1968) propone una relación matemática entre la área de un abanico aluvial y el área de la cuenca de drenaje, que una vez efectuados los cálculos en el presente proyecto, para el depósito de la Fm. Bucaramanga y las cuencas de drenaje de los ríos asociados a esta formación y que podrían ser la fuente de sus sedimentos; no prueban que este depósito corresponda a un abanico aluvial.

La Fm. Bucaramanga hacia el sur del Río Frío, muestra una composición muy continua de clastos en la vertical, según el análisis de proveniencia, esto se debe a que la potencia en el total del depósito (no supera los 200 m, en la zona), así como su extensión; son muy locales como para registrar cambios importantes en la composición litológica de los clastos que se da en cuencas grandes asociadas a levantamiento de cordilleras. Por otro lado, la composición espacial de clastos, si muestra variaciones; es así como hacia el sur y oeste del depósito, la composición de las litologías indicadores como el granito rosado, riolita, pegmatita se hace importante, mientras que hacia el centro y este la presencia se hace mínima y en algunos sectores desaparece. Estos datos espaciales podrían indicar cambios en la zona de aporte (proveniencia de varios bloques levantados) así como información sobre los momentos de la captura de los ríos Chicamocha y Sogamoso que ameritan estudios sobre la Fm. Bucaramanga en los alrededores de Piedecuesta.

El área que cumple con la mayoría de las litologías caracterizadas en el proyecto y las unidades estratigráficas a las que pertenecen; se encuentra de los bloques tectónicos: sector occidental del Macizo de Santander y el sector sur de la Región de Las Mesas, donde se ubican las actuales cuencas de drenaje de los ríos Chicamocha y Sogamoso. Correspondiendo al área fuente principal del sedimento de la Fm. Bucaramanga.

La distribución de litologías indicadoras de proveniencia no conforma una secuencia normal de exhumación de un único bloque tectónico levantado.

De esta manera el depósito de la Fm. Bucaramanga podría no ser un abanico aluvial transportado y depositado por el Río Suratá, aunque aportes laterales provenientes de este río sí podrían estar presentes así como de los ríos Frío, Del Hato y De Oro; los aportes principales provienen del sur y sureste, transportados por un antiguo curso del Sogamoso y del Chicamocha que de acuerdo con Julivert (1958) y Tesón et al. (2015) en el pasado discurrían por la Meseta de Bucaramanga.

Julivert (1958) propone 6 puntos que explican los motivos para pensar que el Río Sogamoso se prolongaba por la Meseta de Bucaramanga, los cuales son:

- La proporción del depósito de la Fm. Bucaramanga no se explica con la cuenca hidrográfica actual de la zona.
- La presencia del depósito de la Fm. Bucaramanga se extiende hasta el sector de Chocóa y no pudo ser depositado por la quebrada la Gacha que fluye por allí.
- La existencia del codo de captura del Río Sogamoso al sur de Chocóa.
- El ancho del valle de Chocóa que no es de carácter tectónico ni excavado por la Quebrada La Gacha.
- La existencia de un ciclo en los afluentes del Sogamoso procedentes de la Mesa de Los Santos que enraza con la Meseta de Bucaramanga.
- La continuación de la falla del Suárez por Chocóa y Río De Oro, siendo la responsable de la creación y orientación del Suárez-Sogamoso.

Puntos a los cuales con el presente proyecto se podría agregar:

- Los sedimentos que constituyen la Fm. Bucaramanga tienen su principal área fuente al sur y sureste de la Meseta de Bucaramanga, dentro de las actuales cuencas de drenaje de los ríos Chicamocha y Sogamoso.

Solo se caracterizó la proveniencia del sector sur del Río Frío, por lo que se hacen necesarios estudios detallados en los otros sectores del depósito, a fin de corroborar la hipótesis de este trabajo.

Según Julivert (1958), durante el Plio-Pleistoceno, el Río Sogamoso transportó y depositó los sedimentos que constituyen la Fm. Bucaramanga, sobre una pequeña depresión tectónica hoy denominada graben de Bucaramanga. A partir del Pleistoceno el río Sogamoso es capturado y cambia su curso en dirección noroeste. A medida que continuaba el levantamiento de la cordillera, fue excavando más su valle dejando por encima la Meseta De Bucaramanga y su

antiguo curso. Como el levantamiento continuó el depósito de la Fm. Bucaramanga empezó a erosionarse, siendo disectado por los ríos y las quebradas mayores que sobre este fluyen; hasta alcanzar la configuración actual del relieve.

Solo se caracterizó la proveniencia del sector sur del Río Frío, por lo que se hacen necesarios estudios detallados en los otros sectores del depósito, a fin de corroborar la hipótesis de este trabajo.

## **11. RECOMENDACIONES**

Realizar estudios de proveniencia de la Fm. Bucaramanga hacia el norte del Río Frío (en la totalidad del depósito), que permitan hacer una estimación de cambios en las zonas de aporte, si los hay; en diferentes sectores.

Realizar estudios de proveniencia empleando otras disciplinas como la mineralogía, geoquímica y geocronología que aporten a esclarecer la controversia sobre el origen de los sedimentos de la Fm. Bucaramanga.

Realizar estudios sedimentológicos de la Fm. Bucaramanga, con el fin de reconstruir su ambiente de depositación y su sistema de transporte y depositación.

## BIBLIOGRAFÍA

BOGGS S. Principles of sedimentology and stratigraphy. Fourth edition. University of Oregon. Prentice Hall. 1987.

BUENO E. y SOLARTE A. Geología, geotecnia y comportamiento erosivo del área de reserva forestal de Bucaramanga. Bucaramanga. 1994. Tesis para optar al título de Geólogo. UIS. Escuela de Geología.

CABALLERO V. M. Evolución tectono-sedimentaria del Sinclinal de Nuevo Mundo, cuenca sedimentaria del Valle Medio del Magdalena Colombia, durante el Oligoceno-Mioceno. Bucaramanga. 2010. Tesis de Maestría. Universidad Industrial de Santander. Escuela de Geología.

CASTRO A. Petrografía básica. Texturas, clasificación y nomenclatura de rocas. Universidad de Sevilla. Madrid (España). Paraninfo S.A. 1989.

ETAYO F. ET. Mapa de Terrenos geológicos de Colombia. Universidad Nacional de Colombia. Pub. Geo. Esp. Ingeominas. No. 14-1. 1983.

GARCIA C., Manual de laboratorio de petrología ígnea. Universidad Industrial de Santander. Facultad de ingenierías físico-químicas. Escuela de Geología. 1997.

GARCIA C. Manual de prácticas de petrología metamórfica. Universidad Industrial de Santander. Facultad de ingenierías físico-químicas. Escuela de Geología. 2007.

GRAHAM S. A, TOLSON R. B, DECELLES, P. G., INGERSOLL, R. V., BARGAR, E., CALDWELL, L. M., CAVAZZA, W., EDWARDS, D. P., FOLLO, M. F., HANDSCHY, J. F., LEMKE, L., MOXON, I., RICE, R., SMITH, G. A., AND WHITE, J. Provenance modeling as a technique for analyzing source terrane

evolution and controls on foreland sedimentation. Special Publication of the International Association of Sedimentologists. Vol. 8. 1986. p. 425-436.

GÓMEZ J., NIVIA Á, MONTES N.E., DIEDERIX H., ALMANZA M.F., ALCÁRCEL F.A. & MADRID. C.A. Explanatory notes: Geological Map of Colombia. In: Gómez, J. & Almanza, M.F. (Editors), *Compilando la geología de Colombia: Una visión a 2015*. Servicio Geológico Colombiano, Publicaciones Geológicas Especiales 33, p. 35–60. Bogotá. 2015.

HAUGHTON P. D. W., TODD S. P. & MORTON A. C. Sedimentary Provenance Studies. Geological Society. London. Special Publication; v. 57. 1991. p. 1-11.

HOOKE R. Steady-state relationships on arid-region alluvial fans in closed basins. Department of Geology and Geophysics. University of Minnesota. *American Journal of Science*. Vol. 266. 1968. P 609-629.

HUGGETT R. J. *Fundamentals of geomorphology*. Second edition. London. Taylor y Francis Group. 2007.

INSTITUTO COLOMBIANO DE GEOLOGÍA Y MINERÍA –INGEOMINAS-  
Zonificación sismogeotécnica indicativa del área metropolitana de Bucaramanga. Mapa geológico. 2001.

INSTITUTO COLOMBIANO DE GEOLOGÍA Y MINERÍA –INGEOMINAS-  
Zonificación de amenaza por movimientos en masa de algunas laderas de los municipios de Bucaramanga, Floridablanca, Girón y Piedecuesta. 2005.

JIMENEZ G, SPERANZA F, FACCEA C, BAYONA G, MORA A. Magnetic stratigraphy of the Bucaramanga alluvial fan: Evidence for a 3 mm/yr slip rate for

the Bucaramanga-Santa Marta Fault, Colombia. Journal of South American Earth Sciences 57 (2014). 2014. Pág. 12-22.

JULIVERT M, La Morfo estructura de la Zona de Las Mesas al SW de Bucaramanga. Bol. De Geología, No. 1. Universidad Industrial de Santander (Colombia), 1958.

JULIVERT M. Nuevas observaciones sobre la Estratigrafía y Tectónica del Cuaternario de los alrededores de Bucaramanga. Boletín de Geología, No. 15. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga. 1963.

KHOBZI J. El estudio de las acumulaciones continentales Cuaternarias; contribución al análisis de las variaciones climáticas en Colombia. Memoria del primer Congreso Colombiano de Geología. Universidad Nacional de Colombia.1970.

LIMA C. Y MEDINA J. Evolución climática registrada y estratigrafía del Miembro Órganos de la Formación Bucaramanga. 2015. Trabajo de grado para optar al título de geólogos. Universidad Industrial De Santander. Escuela de geología.

MORALES LUIS G. Geología de Bucaramanga y sus alrededores, reconocimiento geológico general. Apéndice II. R.J. Tipton y asociados de Colombia Ltda. 1953.

NIÑO A. Y VARGAS G. Modelo de evolución para el Abanico de Bucaramanga. Facies-UIS., Vol. 2 No. 1 y 2. Universidad Industrial de Santander. 1993.

NICHOLS, G. Sedimentology and Stratigraphy. Second Edition. Wiley-Blackwell; a John Wiley & Sons, Ltd., Publication. 2009.

PERKINS D. Y HENKE K. Minerales en lámina delgada. Madrid. Pearson Educación S.A. 2002.

PORTA, J. La Terraza de Bucaramanga. Boletín de Geología; Vol. 3. Boletín de Geología. 1959.

QUINTERO C. A., MORA J. P., Análisis estructural y cartografía geológica de la parte alta de la cuenca del Río Frío, municipio de Floridablanca, Santander, orientado a definir un futuro modelo hidrogeológico conceptual. 2006. Trabajo de grado para optar al título de geólogos. Universidad Industrial De Santander. Escuela de geología.

ROYERO J. CLAVIJO J. Mapa geológico generalizado departamento de Santander, escala 1: 400.000. Memoria explicativa. Ingeominas. 2001.

ROYERO J. Y VARGAS R. Geología del departamento de Santander, escala 1:300.000. Mapa. Ingeominas. 1999.

TESÓN E. GARCÍA Y. AÑEZ M. STRUTH L. CABALLERO V. BABAULT J. Y TEIXELL A. Capturas fluviales recientes de los ríos Chicamocha y Suárez: El origen de la Terraza de Bucaramanga y causas de la reorganización de la red de drenaje. XV Congreso Colombiano de Geología (Agosto 31 – Septiembre 5, 2015: Bucaramanga, Colombia). Memorias. Bucaramanga. Universidad Industrial de Santander. 2015. P. 127-130.

VARGAS G. Geología, Geomorfología y Geotecnia del Valle del Río frío. Informe. Geología ambiental y geotecnia. CDMB 03952 V174. 1993.

WARD D., GOLDSMITH R., Geología de los cuadrángulos H-12 Bucaramanga y H-13 Pamplona Departamento de Santander. Boletín de geología vol. 21, No. 1-3. 1973.

WARD D., GOLDSMITH R., Mapa geológico del cuadrángulo H-12, Bucaramanga.1977.