

Reconstrucción Paleoambiental de los Miembros Órganos, Finos y Gravoso de la  
Formación Bucaramanga en el Área Metropolitana de Bucaramanga

María Alejandra Franco Corredor, Angela María Ramírez Arévalo

Trabajo de Grado para Optar el título de geólogo

Director

Victor Manuel Caballero Ortiz

Msc. Geología

Codirector

Giovanny Jiménez Díaz

PhD. Geología

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

2018

*DECICATORIA*

*Dedico el esfuerzo, el amor y la pasión en la realización de este proyecto de grado a mi madre OLGA MERCEDES CORREDOR, y a mi padre REYNALDO FRANCO ALZA, siendo ellos un ejemplo de lucha, me enseñaron el verdadero valor de la familia y la importancia que toma al forjarse no solo un buen profesional, sino una gran persona ya que fueron los promotores principales reflejo de amor, perseverancia y esmero.*

*A mi abuela MARIA LUISA ALZA y mi abuelo MEDARDO FRANCO, los cuales, con su ternura, me incentivarón durante todo el proceso.*

*Alejandra Franco*

### **Dedicatoria**

Al geólogo Camilo Ríos, pues, aunque no nos acompaña, fue un gran ejemplo de  
amistad, entrega y lucha.

A mi negro, al amor de mi vida, a mi Dani, porque sin el todo carece de sentido,  
porque es mi talón de Aquiles y porque solo con él entendí el significado del  
amor, y lo que el sacrificio implica.

A mi mami y a Tuto, por ser mi gran fortaleza en este camino denominado vida.

A Tirso, por sus consejos y por estar cuando más lo necesitamos.

y Nay, por ser mi cómplice y seguir a mi lado, a pesar de las adversidades.

**Angela**

### **Agradecimientos**

Nuestros más sinceros agradecimientos al profesor VICTOR MANUEL CABALLERO ORTIZ, quien depositó su confianza en nosotras, reflejado en el apoyo y dirección en la realización de este proyecto de grado.

A la Familia BAUTISTA CÁCERES y todo el personal de la LADRILLERA BAUTISTA CACERES S.A.S, que permitieron la realización de la fase de campo en sus predios y su continuo apoyo en cada aspecto desarrollado.

Al señor HERMOGENES ABRIL, quien nos permitió elaborar la fase de campo en sus predios ubicados en el municipio de Girón.

A la ESCUELA DE GEOLOGÍA, cuerpo administrativo y docentes, quienes hicieron posible llevar a cabo el desarrollo académico y personal durante todo el proceso de formación.

Y finalmente a nuestros padres que impulsaron nuestros proyectos personales y profesionales para hacer posible este logro.

## Tabla de contenido

Introducción .....	21
1 Marco Conceptual .....	24
1.1 Localización .....	24
1.1 Planteamiento del Problema .....	25
1.2 Justificación .....	26
2 Objetivos.....	28
2.1 Objetivo Principal.....	28
2.2 Objetivos Específicos.....	28
3 Antecedentes.....	29
4 Metodología .....	34
4.1 Primera Etapa: Pre-Campo .....	35
4.2 Segunda Etapa: Trabajo de Campo .....	36
4.3 Tercera Etapa: Laboratorio. ....	36
4.4 Cuarta Etapa: Trabajo de Oficina. ....	36
4.5 Quinta Etapa: Redacción y Elaboración del Informe Final. ....	37
5 Marco Teórico.....	37
5.1 Conglomerados.....	37
5.1.1 Selección y distribución del tamaño.....	38
5.1.2 Estabilidad de clastos .....	38
5.2 Nivel Base .....	38
5.3 Abanico Aluvial.....	39
5.3.1 Tipos de depósito. ....	41
5.3.2 Facies Sedimentarias .....	42
5.4 Sistema Fluvial .....	44
5.4.1 Tipos de depósitos fluviales.....	44
5.4.2 Ríos Trenzados. ....	45
5.4.3 Ríos Meandriiformes.....	47
5.5 Paleocorrientes .....	48

5.6 Facies Sedimentarias.....	49
5.7 Controles Alogénicos en Depósitos Aluviales.....	50
5.8 Proveniencia de Cuencas Intramontanas.....	52
6 Geología General.....	54
6.1.1 Estratigrafía del área fuente.....	56
6.2 Geología Local.....	61
6.2.1 Bloque occidental.....	62
6.2.2 Bloque oriental.....	63
6.2.3 Bloque central.....	63
6.2.4 Formación Bucaramanga.....	64
7 Resultados.....	69
7.1 Levantamiento Estratigráfico.....	69
7.1.1 Columna Rincón de Girón.....	71
7.1.2 Columna Cantalá.....	72
7.1.3 Columna Obra Girón.....	73
7.1.4 Columna Canal.....	74
7.1.5 Columna Ladrillera No 2.....	75
7.1.6 Columna Ladrillera No 5.....	76
7.1.7 Columna Ladrillera No 6.....	77
7.1.8 Columna Ladrillera No 7.....	78
7.2 Caracterización Sedimentológica de los Miembros de la Fm. Bucaramanga.....	79
7.2.1 Miembro Órganos:.....	79
7.2.2 Miembro Finos.....	82
7.2.3 Miembro Gravoso:.....	85
7.3 Facies Sedimentarias.....	87
7.3.1 Columnas estratigráficas con Litofacies, Paleocorrientes y distribución en el tiempo de los Clastos.....	89
7.4 Composición de las Gravas de la Formación Bucaramanga.....	97
7.4.1 Petrografía de gravas.....	98
7.4.2 Indicadores de proveniencia.....	105
7.4.3 Distribución de las Gravas en la Formación Bucaramanga.....	107
8 Interpretación de Resultados.....	109
8.1 Ambiente de la Formación Bucaramanga.....	109

8.1.1 Sucesiones de Facies del miembro Órganos.....	110
8.1.2 Interpretación de ambiente del Miembro Órganos.....	111
8.1.3 Asociación de Facies Miembro Finos .....	112
8.1.4 Interpretación Ambiente Miembro Finos:.....	112
8.1.5 Asociación de Facies del Miembro Gravoso .....	113
8.1.6 Interpretación de ambiente del Miembro Gravoso .....	114
8.2 Análisis de Procedencia .....	116
8.2.1 Paleocorrientes .....	116
8.2.2 Modelo de proveniencia.....	117
9 Reconstrucción Paleoambiental .....	119
9.1 Estado Uno: Miembro Órganos .....	120
9.2 Estado Dos: Miembro Finos.....	121
9.3 Estado Tres: Miembro Gravoso .....	125
9.4 Estado Cuatro: Configuración Actual .....	126
10 Conclusiones .....	129
11 Recomendaciones .....	131
Referencias Bibliográficas .....	132
Apéndices .....	138

### Lista de Tablas

Tabla 1: Categorías indicadoras de proveniencia.....	60
Tabla 2: Categorías de clasificación asociadas a las cuencas adyacentes a la zona de estudio.....	61
Tabla 3: Cuadro comparativo de los miembros que conforman la Formación Bucaramanga.....	65
Tabla 4: Litofacies, descripción e interpretaciones.....	87
Tabla 5: Clastos que componen los miembros Órganos y Gravoso de la Fm Bucaramanga.....	97
Tabla 6: Petrografía de Clastos de la Formación Bucaramanga.....	98
Tabla 7: Correlación de las categorías indicadoras de proveniencia, la posible área fuente de sedimentos y la petrografía de clastos obtenidos en el presente informe.....	106
Tabla 8: Porcentaje promedio de categorías indicadoras de proveniencia en el miembro Órganos.....	108
Tabla 9: Porcentaje promedio de categorías indicadoras de proveniencia en el miembro Gravoso.....	109

### Lista de Figuras

Figura 1. Ubicación de la zona de estudio. Tomado y modificado de Ward, (1973) <sub>2</sub> .....	24
Figura 2: Metodología del proyecto de investigación.....	35
Figura 3. Selección y distribución del tamaño de gravas. Tomado y modificado de: Harms, Southard, & Walker., (1982).....	38
Figura 4: Controles fluviales y su influencia en perfil gradado en un río. Tomado y modificado de: Catuneanu (2006).....	39
Figura 5: Vista en planta y sección de un abanico aluvial. Tomado y modificado de: Villar, (1996).....	40
Figura 6: Dirección del flujo, teniendo en cuenta la imbricación de los clastos. Tomado y modificado: Harms et al. (1982).....	49
Figura 7: Litofacies Sedimentarias. Tomado de: Miall, (1996).....	50
Figura 8: Controles alogénicos en la sedimentación y su relación con la energía del flujo, el Suministro de sedimentos y la acomodación. Tomado y modificado de: Catuneanu, (2006).....	51
Figura 9: Secuencia normal de descapotamiento. Tomado y modificado de: Sagripanti, Bottesi, Kietzmann, Folguera & Ramos (2012).....	53
Figura 10: Unidades aflorantes en la cuenca Valle Medio de Magdalena. Recopilación bibliográfica tomada de: Ward, (1973) <sub>1</sub> .....	57
Figura 11: Unidades aflorantes en la cuenca Catatumbo-Maracaibo. Recopilación bibliográfica tomada de: Ward, (1973) <sub>1</sub> .....	57

Figura 12: Geología de las cuencas adyacentes al depósito de la Fm. Bucaramanga. Mapa geológico tomado, modificado y adaptado de Ward et al., (1973 <sub>2</sub> ). Cuencas de Santander tomado, modificado y adaptado de: García y Medina, (2017); Solano, (2016).....	58
Figura 13: Disposición de los bloques tectónicos en la región de la Mesas. Fuente: Tomado de Julivert, (1959) y modificado por: García y Medina, (2017).....	62
Figura 14: Correlación topográfica de las secciones levantadas en este proyecto de investigación.....	70
Figura 15: Columna estratigráfica generalizada Sección Rincón de Girón.....	71
Figura 16: Columna estratigráfica generalizada Sección Cantalá.....	72
Figura 17: Columna estratigráfica generalizada Sección Obra Girón.....	73
Figura 18: Columna estratigráfica generalizada Sección Canal.....	74
Figura 19: Columna estratigráfica generalizada Sección Ladrillera No 2.....	75
Figura 20: Columna estratigráfica generalizada Sección Ladrillera No 5.....	76
Figura 21: Columna estratigráfica generalizada Sección Ladrillera No 6.....	77
Figura 22: Columna estratigráfica generalizada Sección Ladrillera No 7.....	78
Figura 23: Panorámica de los miembros Órganos (Qbo), Finos (Qbf) y Gravoso (Qbg) en los predios de la ladrillera Bautista Cáceres. El espesor promedio de la imagen es 50 m y se observa en la panorámica la columna Ladrillera No 5.....	79
Figura 24: Contacto erosivo entre la Fm Jordán y un canal de la Fm Bucaramanga en dirección N-S (aquí se levantó la Figura 18: Columna estratigráfica generalizada Sección Canal).....	80
Figura 25: Contacto Miembro Órganos-Miembro Finos. Variación lateral de Facies gravosas a arenosas. Secuencia finaliza en paleosuelo y hacia el tope disminuye la granulometría de los sedimentos.....	80

- Figura 26: Miembro Órganos de la Fm Bucaramanga en el sector Rincón de Girón. Donde
- A) Corresponde a grava de guijarros clastosoportadas, matriz areno lodosa cortado por niveles con geometría acanalada (C), este depósito deja como evidencia superficie erosiva en el tope de la descripción B. B) Ciclos con gradación normal de arenas guijarrosas a arcillas, en el tope se observan estructuras de laminación, probablemente plano paralela. C) Relleno de canal con sedimentos Arenolododos. D) Secuencia granodecreciente de Grava de guijarros clastosoportadas a arcillas arenosas..... 82
- Figura 27: Panorámica de los miembros: Finos (Qbf), Gravoso (Qbg). En los predios de la ladrillera Bautista Cáceres, vista hacia el frente No.4 San Marcos..... 83
- Figura 28: Miembro finos en el Bastón 25 y 26 de la Columna Ladrillera No 5. A) Secuencia granodecreciente de Arena con estructura masiva y laminación plano-paralela a Arcilla Masiva Grisácea. La línea punteada representa una superficie de erosión que pone en contacto arcillas con gradación normal de arenas granulosas a Arena muy fina. B) Secuencia granodecreciente de arena granulosa a Arcillolita. En la base 10 cm de facie heterolítica de Limo intercalado con Arena fina y laminación plano-paralela..... 84
- Figura 29: Panorámica de los miembros. De base a techo: Finos (Qbf), Gravoso (Qbg). En los predios de la ladrillera Bautista Cáceres, vista hacia la columna Ladrillera No 2. Donde \* corresponde a material removido..... 86
- Figura 30: Miembro Gravoso, en la base nivel arenoso sobreyacido por superficie erosiva y gravas de guijas y guijarros..... 87
- Figura 31: Columna estratigráfica Rincón de Girón. Incluye litofacies, sucesiones de facies, dirección de paleocorrientes, estructuras sedimentarias y variación composicional de clastos en el miembro Órganos..... 90

Figura 32: Columna estratigráfica Cantalá. Incluye litofacies, dirección de paleocorrientes, estructuras sedimentarias y variación composicional de clastos en el miembro Órganos..	91
Figura 33: Columna estratigráfica Obra Girón. Incluye litofacies, estructuras sedimentarias y variación composicional de clastos en el miembro Órganos.....	92
Figura 34: Columna estratigráfica Ladrillera No 2. Incluye litofacies, estructuras sedimentarias y variación composicional de clastos en el miembro Gravoso.....	93
Figura 35: Columna estratigráfica Ladrillera No 5. Incluye litofacies, dirección de paleocorrientes, estructuras sedimentarias y variación composicional de clastos en el miembro Órganos y Gravoso.....	94
Figura 36: Columna estratigráfica Ladrillera No 6. Incluye litofacies, dirección de paleocorrientes, estructuras sedimentarias y variación composicional de clastos en el miembro Órganos y Gravoso.....	95
Figura 37: Columna estratigráfica Ladrillera No 7. Incluye litofacies, asociación de Facies y estructuras sedimentarias.....	96
Figura 38: Columna Generalizada de los Miembros Órganos, Finos y Gravoso, variación composicional de clastos y bloque diagrama del ambiente de deposición de los miembros estudiados. Bloques diagrama Tomados y Modificados de Miall (1996).....	115
Figura 39: (A) Ubicación de los datos de Paleocorrientes medidos en las columnas Rincón de Girón, Cántala, Obra Girón y Ladrillera No 5; (B) Mapa de subcuencas sedimentarias de drenaje de los principales ríos relacionados con el origen de la Formación Bucaramanga; (C) Mapa de cuencas principales de Santander. Tomado y modificado de Solano, (2016)....	117
Figura 40: Reconstrucción Paleoambiental del Miembro Órganos.).....	121
Figura 41: Reconstrucción paleoambiental del Miembro Finos con bajo aporte de material aluvial.....	123

Figura 42: Reconstrucción paleoambiental del Miembro Finos con alto aporte de material aluvial.....	125
Figura 43: Configuración paleoambiental del Miembro Órganos.....	126
Figura 44: configuración actual de drenajes.....	128

### **Lista de Apéndices**

(El apéndice A se encuentra en una carpeta anexa en el CD)

Apéndice A: Secciones Estratigráficas Detalladas

(Los Apéndices B, C y D se encuentran al final del libro)

Apéndice B: Anexo Petrografía.....	138
Apéndice C: Paleocorrientes .....	155
Apéndice D: Conteo de Clastos.....	170

## RESUMEN

**TITULO:** RECONSTRUCCIÓN PALEOAMBIENTAL DE LOS MIEMBROS ORGANOS, FINOS Y GRAVOSO DE LA FORMACIÓN BUCARAMANGA EN EL ÁREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA\*

**AUTOR:** MARÍA ALEJANDRA FRANCO CORREDOR\*\*  
ANGELA MARÍA RAMÍREZ ARÉVALO\*\*

**PALABRAS CLAVES:**

SISTEMA FLUVIAL Y ALUVIAL, CUENCA INTRAMONTANA, ANALISIS DE FACIES, PALEOCORRIENTES, MODELAMIENTO DE PROVENIENCIA, FORMACIÓN BUCARAMANGA Y RECONSTRUCCIÓN PALEOAMBIENTAL.

La Formación Bucaramanga se constituye como objeto de estudio no solo por ser el depósito donde se cimienta Bucaramanga y su área metropolitana, sino por ser una zona de interés geológico que permite definir áreas y recursos para protección como geoparques; esta Formación se deposita en una cuenca intramontana que inicia su levantamiento durante el Paleoceno Temprano, el régimen compresivo continua hasta el Mioceno. (Caballero et al., 2013<sub>1</sub>). Este pulso tectónico y la erosión continua, permitió el desarrollo de una superficie plana en la región de la Mesas a inicios del Plioceno. Dicha plataforma es afectada por accidentes tectónicos debidos a un aumento en el régimen compresivo que dejan como consecuencia bloques limitados por fallas. (Julivert, 1959).

Con el objetivo de determinar el ambiente sedimentario, el área fuente, los controles que influyen el estilo de deposición y la reconstrucción paleoambiental de la Fm Bucaramanga, se realizó el levantamiento de 8 secciones estratigráficas en el municipio de Girón y al Sur del Municipio de Bucaramanga a escala 1:30, 44 estaciones de conteo de clastos, 12 secciones delgadas, 18 descripciones de muestras de mano y 17 de mediciones de paleocorrientes en planos de imbricación de clastos.

El análisis e interpretación de resultados enmarca a la Formación Bucaramanga en un depósito fluvial, desarrollado en un subambiente sedimentario de río trenzado con fluctuaciones en la energía del medio, las cuales se reflejan en el miembro Órganos y Gravoso con un depósito de río trenzado dominado por gravas y en el miembro Finos, dominado por arenas. Según el modelo de proveniencia el área fuente de la mayoría de los clastos que conforman el depósito se ubica al Sur de la actual Meseta de Bucaramanga. Finalmente, la conjugación de los dos ítems mencionados anteriormente lleva a proponer una configuración paleoambiental para cada miembro analizado.

---

\* Trabajo de pregrado

\*\* Facultad de Ingenierías Físico-Químicas. Escuela de Geología. Director: Víctor Manuel Caballero Ortiz, Msc. Geología.

## ABSTRACT

**TITLE:** PALEO-ENVIRONMENTAL RECONSTRUCTION OF THE MEMBERS ORGANS, FINOS AND GRAVOSO OF THE BUCARAMANGA FORMATION AT THE BUCARAMANGA METROPOLITAN AREA \*

**AUTHOR:** MARÍA ALEJANDRA FRANCO CORREDOR\*\*  
ANGELA MARÍA RAMÍREZ ARÉVALO\*\*

**KEYWORDS:**

FLUVIAL AND ALLUVIAL SYSTEM, INTRAMONTAN BASIN, FACIES ANALYSIS, PALEOCORRIENTS, PROVENIENCE MODELING, BUCARAMANGA FORMATION AND PALEO-ENVIRONMENTAL RECONSTRUCTION.

The Bucaramanga Formation is object of study not only for being the reservoir where Bucaramanga and its metropolitan area are founded, if not it is an area of geological interest that allows defining areas and resources for protection such as geoparks; This Formation is deposited in an intramontan basin that begins its lifting during the Early Paleocene, the compressive regime continues until the Miocene. (Caballero et al., 20131). This tectonic pulse and continuous erosion allowed the development of a flat surface in the Mesas region at the beginning of the Pliocene. That platform is affected by tectonic accidents due to an increase in the compressive regime that result in blocks limited by failures. (Julivert, 1959).

In order to determine the sedimentary environment, the source area, the controls that influence the deposition style and the paleoenvironmental reconstruction of the Bucaramanga formation, 8 stratigraphic sections were surveyed in the municipality of Girón and south of the Municipality of Bucaramanga at 1:30 scale, 44 clasts counting stations, 12 thin sections, 18 descriptions of hand samples and 17 paleocurrent measurements in clasts clasification imbrication planes.

The analysis and interpretation of results frames the Bucaramanga Formation in a fluvial deposit, developed in a sedimentary sub environment of braided river with fluctuations in the energy of the medium, which are reflected in the Organs and Gravoso members with a deposit of braided river dominated by gravel and in the Thin member, dominated by sands. According to the provenance model, the source area of most of the clasts that make up the deposit is located south of the current plateau of Bucaramanga. Finally, the conjugation of the two items mentioned above leads to proposing a paleoenvironmental configuration for each member analyzed.

---

\* Trabajo de pregrado

\*\* Facultad de Ingenierías Físico-Químicas. Escuela de Geología. Víctor Manuel Caballero Ortiz, Msc. Geología.

## **Introducción**

La presente tesis es el resultado de un proceso investigativo que busca determinar el origen, proveniencia y ambiente de deposición de la Formación Bucaramanga, esto se debe a que actualmente no existe un consenso acerca de la génesis de dicha Formación; en este sentido, se propone realizar un estudio detallado de sedimentología y estratigrafía, con el objetivo de contribuir con el conocimiento geológico del sector.

Ahora bien, ante la ausencia de estudios detallados de sedimentología y estratigrafía de los miembros Órganos, Finos y Gravoso de la Fm Bucaramanga en el sector de la terraza de Bucaramanga propiamente dicha, este trabajo propone abordar esta investigación mediante el levantamiento de columnas estratigráficas, conteo de clastos, medición de paleocorrientes, análisis de facies y reconstrucción paleoambiental, que será de gran importancia para definir claramente los controles que dieron origen a la génesis, transporte y deposición de los sedimentos de esta unidad.

En términos metodológicos, la presente tesis se desarrolló en cinco etapas: pre-campo, trabajo de campo, laboratorio, trabajo de oficina, y, finalmente la redacción y elaboración del informe final; por ello se realizó el levantamiento de 8 secciones estratigráficas en el municipio de Girón y al Sur del Municipio de Bucaramanga a escala 1:30, 44 estaciones de conteo de clastos, 12 secciones delgadas, 18 descripciones de muestras de mano y 17 de mediciones de paleocorrientes en imbricación de clastos; el análisis e interpretación de los

datos mencionados anteriormente permitieron proponer una reconstrucción paleoambiental de la Fm Bucaramanga con base en las características sedimentológicas del depósito y las áreas fuente de sedimento.

Es importante señalar que este depósito es generado en una cuenca intramontana. Esta se conforma por cuatro niveles principales: Miembro Órganos (Qbo), Miembro Finos (Qbf), Miembro Gravoso (Qbg) y Miembro Limos Rojos (Qblr) (Instituto de Minas y energía [INGEOMINAS], 2001) El modelo evolutivo que sustenta la génesis de esta se enmarca en dos posturas: Ambiente fluvial con suministro de sedimentos de los paleocauces del sistema de drenajes Chicamocha al Este y Suarez al Oeste en dirección de las fallas que delimitaban esta cuenca. (García y Medina, 2017; Julivert, 1958; Solano, 2016; Struth, 2016); Ambiente aluvial con suministro de sedimentos del paleocauce del Rio Suratá en dirección E-W. (INGEOMINAS, 2001; Instituto de Minas y energía [INGEOMINAS], 2007; Instituto de Minas y energía [INGEOMINAS], 2008; Jiménez, Speranza, Faccenna, Bayona, & Mora, 2015; Niño y Vargas, 1993;).

Teniendo en cuenta lo anterior, esta tesis presenta en su primer capítulo el marco conceptual donde se aborda el planteamiento del problema y contextualización de la zona estudiada; en el capítulo dos los objetivos, el tercer capítulo recapitula los antecedentes de la Fm Bucaramanga; el cuarto capítulo expone el proceso metodológico en que se realizó el proceso investigativo, posteriormente se aborda el marco teórico que sustenta la propuesta investigativa, el sexto capítulo da cuenta de la estratigrafía regional, local y posible área fuente del depósito analizado; luego de este proceso se da paso a los resultados e interpretación de los mismos.

En la interpretación de resultados se propone el ambiente de deposición como un depósito fluvial, enmarcado en un ambiente sedimentario de río trenzado con fluctuaciones en la

energía del medio, las cuales se reflejan en el miembro Órganos y Gravoso con un depósito de río trezado dominado por gravas y en el miembro Finos dominado por arenas. Según el modelo de proveniencia el área fuente de la mayoría de los clastos que conforman el depósito se ubica al Sur de la actual Meseta de Bucaramanga. Finalmente, la conjugación de los dos ítems mencionados anteriormente lleva a proponer una configuración paleoambiental para cada miembro analizado.

## 1 Marco Conceptual

### 1.1 Localización

El área de estudio se localiza en el área metropolitana de Bucaramanga (Figura 1) y se extiende por el Norte a 2 kilómetros de la ciudad y limita al E por el Macizo de Santander, al W por las estribaciones de la plataforma de Lebrija y al Sur por La Mesa de Ruitoque. Estructuralmente limita por el sistema de Fallas Suárez al Oeste y el sistema de Fallas Bucaramanga al Este. (INGEOMINAS, 2008)

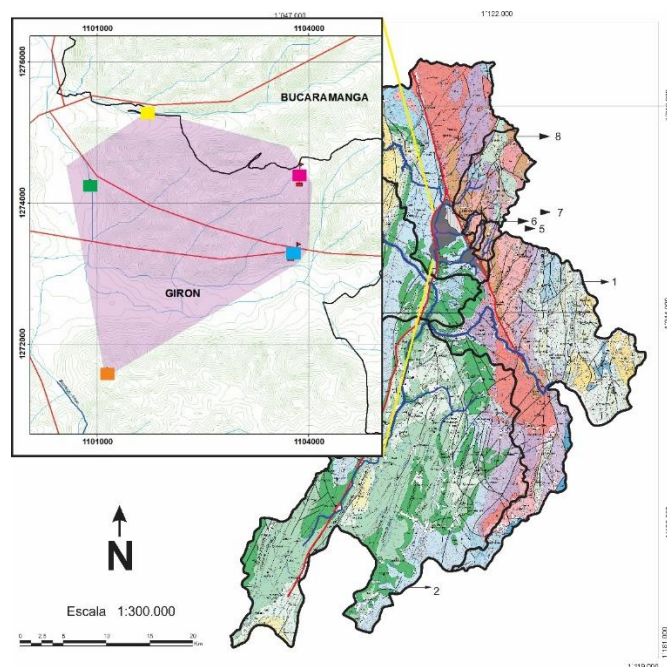


Figura 1. Ubicación de la zona de estudio. Tomado y modificado de Ward, (1973)<sub>2</sub>

## 1.1 Planteamiento del Problema

El depósito de la formación Bucaramanga conforma el substrato sobre el cual se ha desarrollado el urbanismo del Área Metropolitana de Bucaramanga. Está constituida por sucesiones sedimentarias inconsolidadas subhorizontales las cuales actualmente están sometidas a procesos erosivos generando el paisaje de terrazas disectadas y badlands. La edad de la Formación Bucaramanga es de 730.000 Años (INGEOMINAS, 2008) o de 400.000 Años según Struth, (2016).

Geográficamente se extiende por el Norte a 2 kilómetros de la ciudad y limita al E por el Macizo de Santander, al W por las estribaciones de la plataforma de Lebrija y al Sur por La Mesa de Ruitoque. (Porta, 1959). Sin embargo, recientemente Solano (2016), identificó depósitos de la Fm Bucaramanga ubicados entre la mesa de Lebrija y el sector más al Sur de la Mesa de Ruitoque, incluso casi hasta las estribaciones de la Mesa de Los Santos en el área de Chocóa (Solano, 2016) Los límites estructurales son la Falla del Suárez al Occidente (INGEOMINAS, 2008 y Jiménez et al., 2015) y la Falla Bucaramanga al Oriente (INGEOMINAS, 2007). Estratigráficamente se compone por cuatro miembros los cuales de base a techo corresponden a: Miembro Órganos, Miembro Finos, Miembro Gravoso y Miembro Limos Rojos.

El modelo evolutivo que sustenta la génesis de esta Formación en el área de la terraza de Bucaramanga propiamente dicha, aún no ha sido completamente definido. Varios autores han propuesto que la Fm. Bucaramanga fue depositada por procesos aluviales en un antiguo abanico aluvial generado por el Río Suratá y el Río Frío al salir al piedemonte del Macizo de Santander (Niño y Vargas, 1993). Recientemente Lima y Medina (2015) estudiaron el

ambiente sedimentario y proveniencia del miembro órganos de la formación Bucaramanga en el área de Girón determinando que representa varios ciclos de deposición bajo procesos tanto aluviales como fluviales fluctuantes y cíclicos en ambientes de clima árido, régimen de lluvias no estacionales y regímenes de precipitación torrencial. De otra parte, Solano (2016) analiza la petrografía de gravas del miembro Órganos del Fm Bucaramanga mediante secciones delgadas y distribución de porcentajes de clastos indicadores de proveniencia en seis columnas estratigráficas levantadas principalmente en el área de río Frío, Llanogrande y Chocóa determinando que parte del material que compone estos depósitos muestra proveniencia del sector Sur y SE del Área de Mesas y Cuestas.

En base a la información anterior, es evidente que no existe un consenso acerca de la génesis de la formación Bucaramanga, por lo cual se propone realizar un estudio detallado de sedimentología y estratigrafía, con el objetivo de contribuir con el conocimiento geológico del sector.

## **1.2 Justificación**

Ante la ausencia de estudios detallados de sedimentología y estratigrafía de los tres miembros de la formación Bucaramanga en el sector de la terraza de Bucaramanga propiamente dicha, este trabajo propone realizar un estudio detallado mediante el levantamiento de columnas estratigráficas, conteo de clastos, medición de paleocorrientes, análisis de facies y reconstrucción paleogeográfica, que será de gran importancia para definir claramente los controles que dieron origen a la generación, transporte y deposición de los sedimentos de esta unidad.

E igualmente el conocimiento geológico que se obtenga del área de Bucaramanga y sus alrededores es de gran interés como investigaciones básicas alrededor del origen del paisaje y formaciones sedimentarias y en general del patrimonio geológico regional y su valoración como un recurso natural a promover para generar una vocación turística en toda el área del Macizo de Santander y la Zona de Mesas, Cuestas y Cañones. También este conocimiento geológico básico debe ser tenido en cuenta a la hora de definir áreas y recursos para protección como geoparques.

## **2 Objetivos**

### **2.1 Objetivo Principal**

Determinar origen, proveniencia y ambiente de deposición de la Fm Bucaramanga en los miembros Órganos, Finos y Gravoso en el área de la terraza de Bucaramanga

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Definir y analizar facies, asociación de facies y sucesiones de facies características de los miembros Órganos, Finos y Gravoso que conforman la Formación Bucaramanga.
- Establecer la configuración paleoambiental y análisis de proveniencia del sistema que dio origen a la Formación Bucaramanga.
- Definir la secuencia de eventos y controles en la deposición de la Formación Bucaramanga.

### 3 Antecedentes

La Formación Bucaramanga, nombre que fue introducido por Hubach en 1952, agrupa la sucesión de capas casi horizontales que varían litológicamente entre conglomerados, limolitas, arcillas, areniscas y gravas y forman la mesa sobre la cual se funda la ciudad. Esta se extiende por el Norte a 2 kilómetros de la ciudad y limita al E por el Macizo de Santander, al W por las estribaciones de la plataforma de Lebrija y al Sur por La Mesa de Ruitoque. (Porta, 1958). Nuevos estudios identifican los depósitos de esta Fm. entre la mesa de Lebrija y sector más al sur de la Mesa de Ruitoque, incluso casi hasta las estribaciones de la Mesa de Los Santos en el área de Chocó. (Solano, 2016) Estructuralmente limita por el sistema de Fallas Suárez al Oeste y el sistema de Fallas Bucaramanga al Este. (INGEOMINAS, 2008)

La estratigrafía de la terraza de Bucaramanga comprende tres niveles:

- Nivel Inferior: Formado principalmente por niveles de cantos y lentes arenosos; este nivel representa una fase de relleno intenso, proseguido sin interrupción; Su espesor varía de 200 a 250 m. (Julivert, 1958; Julivert, 1963; Porta, 1958)
- Nivel Medio: Corresponde a un nivel arcilloso y finamente estratificado. Su mayor desarrollo se encuentra en la zona de aeropuerto al S de la carretera de Girón, al margen derecho del río Frío, en esta zona el espesor de este nivel varía de 14 a 15 m. A partir de esta área el nivel fino pierde importancia en todas las direcciones; hacia

el E en la zona de Lagos del Cacique ya no se reconoce, e igualmente pierde claridad y finalmente desaparece hacia el N como hacia el S. (Julivert ,1958; Julivert, 1963; Porta, 1958)

- Nivel Superior: Es conglomerático y de muy poco espesor; En Malpaso varía de 9-10m; en el sector S del aeropuerto de 14 a 19 m; en el extremo N tiene 5 m y en el barrio Gaitán unos 13 m. (Julivert ,1958; Julivert, 1963; Porta, 1958)

En la definición del Modelo tectonosedimentario para explicar el origen de la formación Bucaramanga se han tenido en cuenta controles tectónicos y climáticos (Lima y Medina, 2015); los primeros controles corresponden a la evolución tectónica del área del Macizo de Santander y La zona de Mesas y Cuestas; los segundos hacen referencia a la denudación de los bloques levantados para generar el sedimento que conforma el depósito de Bucaramanga. Dos posturas han sido planteadas para explicar la génesis de estas rocas: la primera interpreta la Terraza de Bucaramanga como un depósito fluvial posiblemente depositado por un paleocauce del río Chicamocha. (García y Medina, 2017; Julivert, 1958; Solano, 2016; Struth, 2016). Y una contraparte a esta se basa en procesos aluviales provenientes del levantamiento y posterior erosión del Macizo de Santander generando un abanico aluvial desembocando del frente montañoso controlado por la falla Bucaramanga (INGEOMINAS, 2001; INGEOMINAS, 2007; INGEOMINAS, 2008; Jiménez *et al.*, 2015; Niño y Vargas, 1993; Porta, 1958).

La primera postura acerca de la Fm Bucaramanga fue postulada por Julivert (1958) quien describe esta zona como una Terraza Fluvial depositada durante el Cuaternario. Este estudio estratigráficamente define tres niveles. Un nivel inferior formado por una alternancia de depósitos de grava de guijas, guijarros y cantos bien redondeados y arenas, lo que da lugar a una sucesión de bandas claras y oscuras visibles a simple vista y depositadas en un ambiente

aluvial; Un nivel intermedio que corresponde a materiales finos, muy bien estratificados que se pueden seguir a lo largo de toda la terraza y constituyen un buen nivel guía. La sedimentación de este nivel se dio según Porta (1958) en un ambiente tranquilo, correspondiente a un régimen de lagunas sobreyaciendo la llanura aluvial y según Julivert en un ambiente de ciénagas, parecido a la actual parte baja del Rio Magdalena. El nivel superior se compone por gravas y arenas y cantos mal redondeados, con algunos bloques, esta zona se deposita en un ambiente mixto fluvial y torrencial.

Según Julivert (1958) el considerable espesor de los sedimentos no es compatible con el trazado actual de la red hidrográfica. Este factor ha llevado a plantear el deposito de la terraza de E cuenta la sedimentación de la formacion Bucaramanga y la carencia de drenajes fluviales aguas arriba con suficiente capacidad de transporte para explicar el espesor, se ha planteado su origen debido al drenaje Oriental, desde el Macizo de Santander, sin embargo, la capacidad de carga de este drenaje no explica el volumen del sedimento acumulado. Por ende, la posibilidad de un drenaje antiguo de los paleo cauces de los ríos Suarez y Chicamocha permite explicar este denso depósito. (Struth, 2016).

De esta manera, Struth (2016) establece la evolución de la red de drenajes, en el área de Bucaramanga según la siguiente cronología:

- En las primeras etapas de desarrollo del norte de la Cordillera Oriental, el rio Suarez y el Chicamocha drenaron hacia el norte siguiendo el sistema de fallas que delimitaba la zona que proporciono el suministro de sedimentos al área de Bucaramanga. (Struth, 2016).

- El inicio del levantamiento de la meseta condujo a un aumento en la energía de los afluentes del río Magdalena (río Sogamoso), el cual capturo al río Suarez. La edad de esta captura es de 400.000 años aproximadamente. (Struth, 2016).
- Posterior a esta captura aumenta el nivel de energía de los afluentes del río Suarez en comparación a los sistemas hídricos adyacentes, lo cual desestabiliza el perfil gradado de este río y con lleva finalmente a la captura del río Chicamocha. Y finalmente se llega a la configuración actual de drenajes en el área de estudio. (Struth, 2016).

García y Medina (2017) Analizan el área de las mesas y establecen que existieron tres capturas en la zona evidenciadas geomorfológicamente por valles abandonados, Knickpoints y elbows de captura. Estas se organizan cronológicamente de la siguiente manera:

García y Medina (2017) afirman:

“La quebrada Zapatocha cambia su antiguo curso que se prolongaba por la quebrada La Angula, derivada de la erosión remontante de un afluente del Magdalena que más tarde daría origen a la Mesas de Lebrija y Zapatocha, posteriormente ocurre la captura del antiguo cauce del Suarez desviándolo de la vereda Chocóa del municipio de Girón para seguir por el actual Sogamoso (Julivert, 1958)” Seguido a esto, el potencial erosivo del paleocauce del Río Suarez se incrementa respecto a las cuencas vecinas; en un ajuste de su nivel base, un afluente del Suárez consigue capturar al antiguo Chicamocha. (García y Medina, 2017)

Además, tras comparar los niveles base de los cauces capturados con los niveles base asociado con la región de las Mesas, se concluye que la región de las Mesas estaba conectada, constituyendo al parecer una plataforma antes de ser fraccionadas por la actividad de las fallas y la incisión fluvial. (García y Medina, 2017)

Una contra parte a esta postura, relaciona el proceso de deposición de estas rocas a un abanico aluvial, siendo este el punto final de un sistema erosivo en el cual los sedimentos erosionados del sistema montañoso son transportados al frente de este. (INGEOMINAS, 2001; INGEOMINAS, 2007; INGEOMINAS, 2008; Jiménez et al., 2015 Niño y Vargas, 1993; Porta, 1958). Esta interpretación se soporta por su perfil transversal convexo y su perfil longitudinal ligeramente cóncavo, típico de la forma cónica de abanicos aluviales. Sin embargo debido al confinamiento en una cuenca tectónica delimitada por fallas activas con escarpes que actúan como una barrera, no alcanzó a desarrollarse la forma típica semicircular. (INGEOMINAS, 2008).

Según Niño y Vargas (1993), el rápido levantamiento del Macizo de Santander con periodos de alta lluviosidad favorecen la capacidad de carga de las corrientes y aumentan el aporte de sedimentos. La secuencia de este depósito es descrita de la siguiente manera:

- El rápido levantamiento del Macizo de Santander con periodos de alta lluviosidad favorece el transporte de sedimentos y aumentan el aporte de los mismos. Estos parámetros condujeron a formar un abanico con ápice al Sur del Cerro Morrónico. (Niño y Vargas, 1993)
- A finales del Pleistoceno Tardío, las condiciones de inactividad tectónica y lluvias moderadas llevan a que inicie el retrabajamiento y socavamiento del apice y redistribución de material fino en forma radial. (Niño y Vargas, 1993)
- Una reactivación tectónica evidenciada en el Macizo de Santander y el desplazamiento al Norte del río Suratá produce un desequilibrio en los sedimentos del Norte del abanico generando los primeros movimientos de remoción en masa. (Niño y Vargas, 1993)

El anterior estado del arte muestra que para la Fm Bucaramanga hay estudios que apoyan dos hipótesis acerca de los procesos, las facies y el ambiente de deposición, Una interpreta la Terraza de Bucaramanga como un depósito fluvial posiblemente depositado por un paleocauce del río Chicamocha. (García y Medina, 2017; Julivert, 1958; Solano, 2016; Struth, 2016), y la otra se basa en procesos aluviales provenientes del levantamiento y posterior erosión del Macizo de Santander generando un abanico aluvial depositado por el Rio Surata (INGEOMINAS, 2001; INGEOMINAS, 2007; INGEOMINAS, 2008; Jiménez et al., 2015; Niño y Vargas, 1993; Porta, 1958), Sin embargo se carece de estudios sedimentológicos y estratigráficos que permitan identificar las facies, sucesiones de facies y ambientes de deposición para este depósito y poder discernir a partir de la sedimentología y el análisis de facies cual es el ambiente de deposición, la proveniencia más probable del sedimento y las direcciones de dispersión de sedimento.

#### **4 Metodología**

El proyecto de investigación desarrollado en el área urbana de Bucaramanga se llevará a cabo mediante las siguientes cinco etapas (Figura 2):

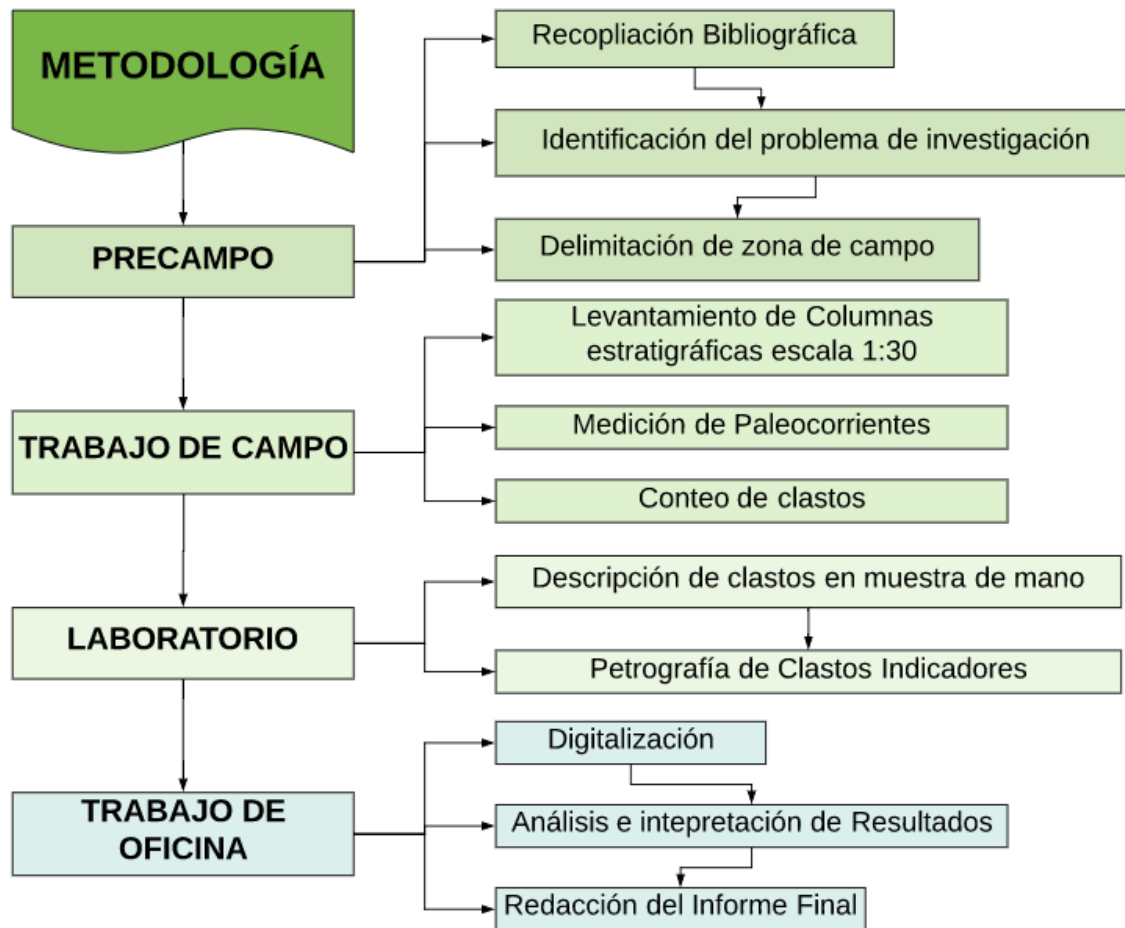


Figura 2: Metodología del proyecto de investigación

#### 4.1 Primera Etapa: Pre-Campo

Hace referencia a la delimitación del problema de investigación por medio de búsqueda bibliográfica que ayude a conocer y comprender los diferentes modelos evolutivos que sustentan la génesis de la Formación Bucaramanga. Para lograr esto se tendrán en cuenta revistas científicas, proyectos de investigación y libros, entre otros. En base a la información investigada se planteará cual debe ser el cronograma y las actividades que deben ser tenidas en cuenta para realizar el trabajo de campo.

#### **4.2 Segunda Etapa: Trabajo de Campo**

Descripción de la geología general, toma de datos en términos de conteo de clastos, medición de paleocorrientes y elaboración de columnas estratigráficas, haciendo énfasis en el análisis de proveniencia y la dirección de flujo de canales.

#### **4.3 Tercera Etapa: Laboratorio.**

Comprende la descripción, clasificación, análisis e interpretación de las muestras que permite determinar los litotipos por petrografía convencional de clastos obtenidos de la unidad estudiada, luego continua con la selección de muestras de interés para elaboración de secciones delgadas, que lleven a realizar el análisis de proveniencia de los clastos más característicos de los Miembros Órganos y Gravoso de la Fm Bucaramanga.

#### **4.4 Cuarta Etapa: Trabajo de Oficina.**

Realizar un análisis e interpretación de resultados obtenidos en campo, para así llegar al conocimiento que lleve a resolver los interrogantes citados en la investigación. Se pretende llegar a generalizaciones extensibles más allá de las diferentes posturas analizadas.

#### **4.5 Quinta Etapa: Redacción y Elaboración del Informe Final.**

Unificación de la información a partir del análisis de los resultados obtenidos y elaboración del libro que debe ser entregado ante la escuela de Geología.

### **5 Marco Teórico**

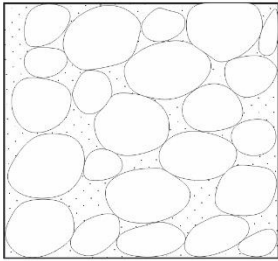
#### **5.1 Conglomerados**

Los conglomerados, brechas, tillitas y sus equivalentes no litificados componen elementos frecuentes en muchas secuencias sedimentarias, su análisis brinda información referente a la petrografía del área de aporte, la paleogeografía e incluso las paleocorrientes. (Universidad de Tucumán [UDT], 2017)

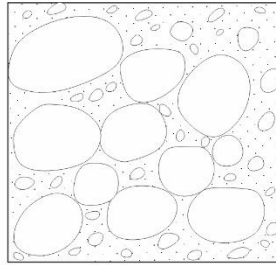
La litología de los clastos puede inferirse a partir de la petrografía y este análisis da información acerca del área de aporte; la paleogeografía queda reflejada por el tamaño y la distribución espacial de los rodados. Por ejemplo: una zona donde los clastos son de gran tamaño y angulares indica que el área de aporte es cerca y gradiente del drenaje es alto; Aspectos locales de las variaciones en las direcciones de los sistemas de flujo pueden obtenerse a partir de la medición de la imbricación de los clastos. (UDT, 2017)

### 5.1.1 Selección y distribución del tamaño

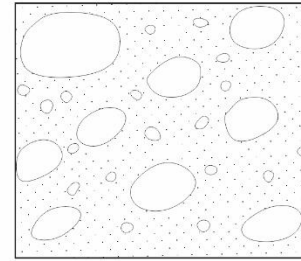
Los depósitos sedimentarios conglomeráticos pueden ser clasto soportados o matriz soportados (Figura 3)



Clasto Soportada  
Bimodal  
Matriz Bien Calibrada



Clasto Soportada  
Polimodal  
Matriz Pobremente Calibrada



Matriz Soportada  
Polimodal

*Figura 3. Selección y distribución del tamaño de gravas. Tomado y modificado de: Harms, Southard, & Walker., (1982)*

### 5.1.2 Estabilidad de clastos

Los conglomerados se pueden dividir en **Olimícticos** constituidos por más del 90% de minerales ultraestables o **Petrómicticos** constituidos por menos del 90% de minerales ultraestables, dependiendo de la estabilidad de los clastos que los constituyen. (Zarza, 2010).

## 5.2 Nivel Base

El nivel base corresponde a una superficie dinámica en equilibrio entre la erosión y la deposición. Este depende de la energía en el sistema y el suministro de sedimentos. En las cuencas intramontana en donde el nivel base no tiene influencia del mar este se denomina perfil gradado de un río. (Catuneanu, 2006).

La influencia de los controles alogénicos en el perfil gradado de un río en cuencas intramontana son (Figura 4):

- Tectónica: Influye en las variaciones en la energía del flujo y el espacio de acomodación por levantamientos o subsidencia tectónica. (Catuneanu, 2006).
- Clima: Intervienen los cambios climáticos influncian en la energía del flujo y el suministro de sedimento. (Catuneanu, 2006).

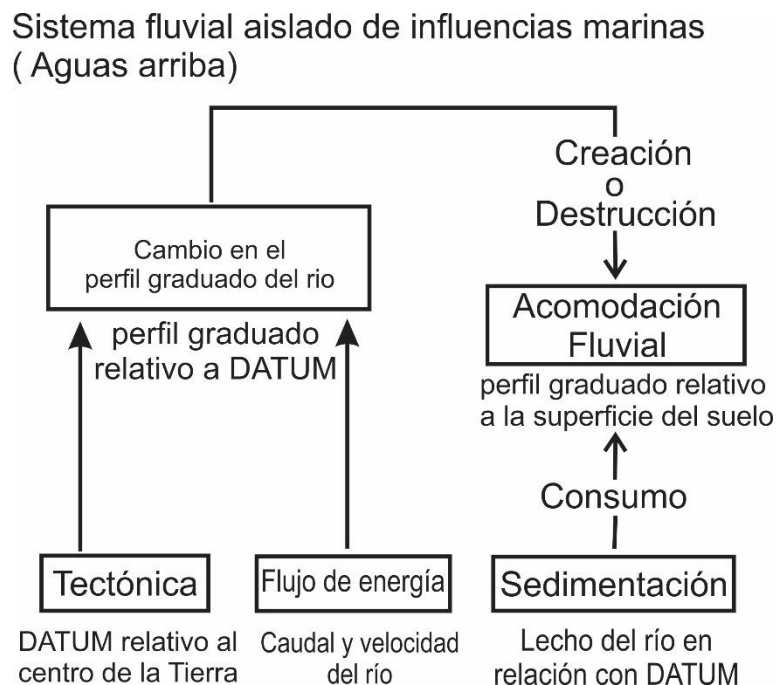


Figura 4: Controles fluviales y su influencia en perfil gradado en un río. Tomado y modificado de: Catuneanu (2006).

### 5.3 Abanico Aluvial

Los abanicos aluviales son depósitos de detritos clásticos, que vistos en planta presentan formas característicamente cónicas. Este tipo de sistemas se desarrollan en las zonas aledañas a las porciones que delimitan los escarpes de altos morfológicos (Figura 5), en donde el

aporte de sedimentos es mucho mayor y las corrientes son confinadas a valles angostos que se tienen dentro de una cuenca adyacente. (Nicholls, 2006). El perfil longitudinal de un abanico aluvial generalmente es cóncavo y el perfil transversal es convexo. Los clastos más gruesos se depositan en zonas proximales y los más finos se ubican hacia las zonas distales del abanico. (Villar, 1996).

Desde el punto de vista morfológico, los sistemas de abanicos aluviales pueden ser divididos en tres unidades (Figura 5):

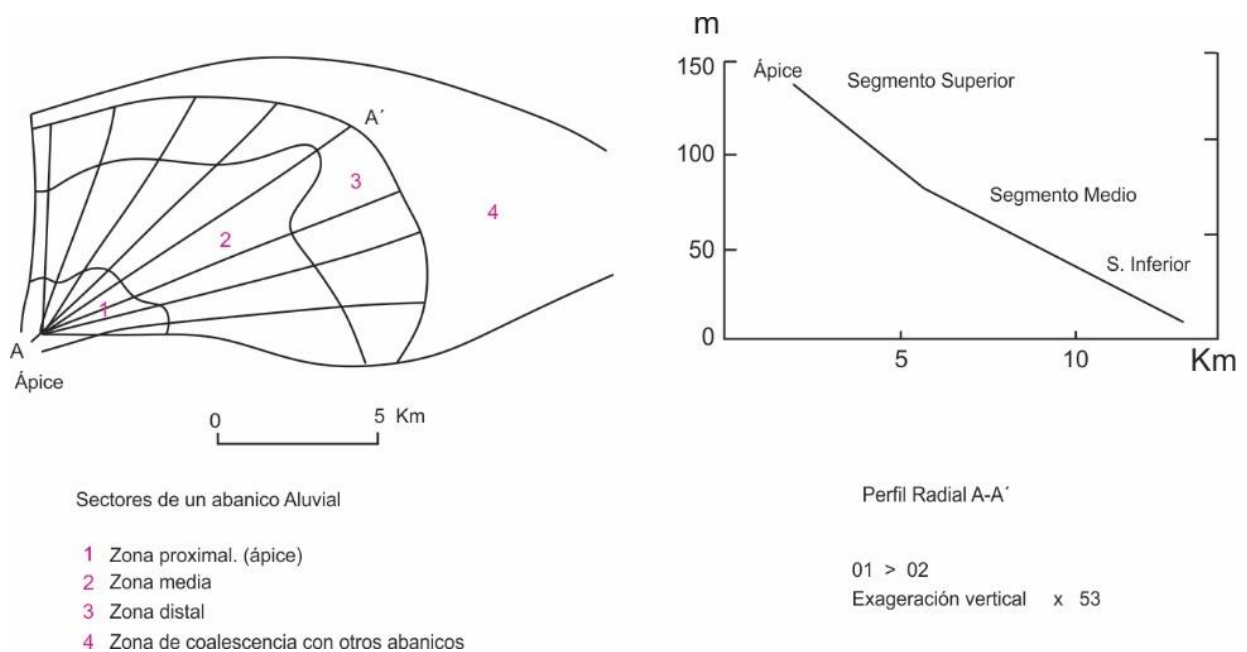


Figura 5: Vista en planta y sección de un abanico aluvial. Tomado y modificado de: Villar, (1996)

- Zona Proximal: Abarca la zona más cercana del alto morfológico (Figura 5). (Arche, 2010; Villar, 1996)
- Zona Media: Esta zona tiene gradiente intermedio y los canales son más someros que en la zona proximal (Figura 5). (Arche, 2010; Villar, 1996)

- Zona Distal: Conocida como la base del abanico. (Figura 5) El gradiente en esta zona es el menor del sistema, la granulometría es fina y hay ausencia de canales bien desarrollados. (Arche, 2010; Villar, 1996).

### 5.3.1 Tipos de depósito.

La relación que existe entre la disponibilidad de agua, la cantidad y tipo de sedimento transportado desde el cinturón montañoso a la superficie del abanico genera los siguientes depósitos característicos de un abanico Aluvial:

- *Debrisflows*:

Los depósitos *Debrisflows* se originan por movimientos en masa en sedimentos de tamaño bloque hasta arcilla saturados en agua. Su alta densidad y viscosidad genera un flujo laminar que fluirá sobre la superficie hasta que agote el impulso, por lo general cuando el gradiente disminuye o el flujo pierde el agua contenida. Su depósito se caracteriza por ser matriz soportado, mal seleccionado, con dirección paralela al flujo en las capas basales y su puede variar de decenas de centímetros a metros. (Nichols, 2009)

- *Mudflows*:

Los depósitos *Mudflows* se originan por movimientos en masa que ocurren en sedimentos de material fino tamaño arena y lodo. La viscosidad del depósito varía mucho y esto influye en el espesor, el cual varía de delgadas capas a cuerpos lobulados a espesos. Los *mudflows* pueden depositarse en canales o áreas no canalizadas. (Nilsen, 1982)

- *Sheetflood*:

Los depósitos de *Sheetflood* se generan en canales superficiales no confinados, relacionados a una disminución en la pendiente e inundaciones en las partes más distales en los abanicos.

Los depósitos relacionados son una serie de barras de arena con poca arcilla, con estratificación cruzada y paralela. y gravas o arena que puede ser disectada por pequeños canales superficiales. (Nilsen, 1982)

- *Sieve deposits:*

Corresponde a depósitos de flujo permeable relacionados a gradientes pronunciados y regiones áridas. Según la energía del medio se depositan en la zona proximal y se componen por detritos de gravas en lugar de arena, limo o arcilla, son bien seleccionados, angulares, monomítico, lateralmente se desarrollan capas con imbricación. (Nilsen, 1982).

### **5.3.2 Facies Sedimentarias.**

En base a las unidades morfológicas y el tipo de depósitos presentes en un abanico aluvial se reconocen las siguientes características de facies sedimentarias:

- Cabecera del abanico: Su área se encuentra reducida en cuanto a extensión areal, se caracteriza por las granulometrías más gruesas y heterométricas del sistema, así como de estar constituida predominantemente por flujos masivos con comportamiento viscoso o por flujos acuosos muy densos. Su grado de preservación es bajo, ya que son los primeros materiales retrabajados. (Arche, 2010)
- Cuerpo del abanico: Es más extenso y se caracteriza por mostrar dos zonas bien diferenciadas:
  - Cuerpo Interno: Corresponde a la parte alta del abanico y muestra equivalencia lateral con la zona de la cabecera. De esta proceden algunos

episodios masivos y flujos acuosos densos y altamente energéticos conocidos como *Sheetflood*. (Arche, 2010)

- Cuerpo Externo: Se caracteriza por facies transportadas mediante corrientes acuosas, que pueden redondear los clastos por impacto, lo cual realiza selección granulométrica de los mismos. Los materiales se transportan mediante formas de fondo. Se caracteriza por tener un gradiente elevado, lo que posibilita el transporte de materiales gruesos porque los cursos no tienen capacidad de migración lateral. En esta zona empiezan a preservarse niveles más finos (Arenitas). (Arche, 2010)
- Pie del Abanico: Es la zona más extensa con alguna influencia del transporte de sedimentos procedentes del abanico. La pendiente es suave y la granulometría general de los depósitos es fina. Se pueden diferenciar las zonas:
  - Zona interna: corresponde a la parte más alta del pie del abanico. Se caracteriza por tener materiales con geometría lenticular. Las facies predominantes son arenosas y lutíticas con alguna intercalación de materiales más gruesos. Estos localmente pueden llegar a mostrar una tendencia secuencial gradación inversa. (Arche, 2010)
  - Zona intermedia: Corresponde al sector donde existe una sedimentación de materiales terrígenos finos esporádicamente intercalados con materiales de granulometría más gruesa y geometría lenticular y tabular, con gradación inversa. (Arche, 2010)
  - Zona externa: Facies con granulometría fina a muy fina que varían con algunos cuerpos acanalados más gruesos. Estas facies, además pueden mostrar signos de períodos prolongados de no sedimentación, de

acumulaciones estables de aguas más o menos episódicas, y de interrelación con otros sistemas sedimentarios. (Arche, 2010).

## **5.4 Sistema Fluvial**

Los depósitos fluviales y su morfología son el resultado de la acumulación y erosión de sedimentos a partir de la actividad del flujo de agua en los canales. Estos se originan por acreción vertical, lateral o desborde de canal en una llanura de inundación. el suministro de sedimentos, gradiente del río, descarga total y variaciones estacionales del flujo determinan las estructuras sedimentarias y el tamaño de grano de los sedimentos que componen este sistema. (Nicholls, 2006).

### **5.4.1 Tipos de depósitos fluviales.**

Los principales elementos morfológicos que constituyen un sistema fluvial son: canal principal, barras, llanuras de inundación, lagos laterales, terrazas aluviales y desborde de canal.

De acuerdo con la morfología del canal, los ríos se dividen en cuatro tipos básicos (Arche, 2010): los rectos, en los que no hay barras y son de baja sinuosidad, los meandriiformes (5.4.3), con canales sinuosos, los anastomosados, caracterizados por presentar varios canales que se dividen y juntan a lo largo del río y, por último, los ríos trenzados (5.4.2) con canales de baja sinuosidad y barras en torno a las cuales el flujo se reúne y se bifurca alternativamente.

### 5.4.2 Ríos Trenzados.

Son sistemas caracterizados por varios canales poco profundos que se dividen y reagrupan entorno a barras o islas y que dibujan un patrón entrelazado en planta. Los elementos morfológicos de estos sistemas varían, ya que el flujo circula por encima de todas estas acumulaciones arenosas durante los estadios de máxima descarga, o entre ellas, dando lugar a un sistema entrelazado con múltiples bifurcaciones, reagrupamientos de canales, donde los materiales más finos (limos y arcillas) se transportan en suspensión sin llegar a acumularse nada más que en subambientes muy concretos como canales secundarios abandonados, en los depósitos de acreción vertical no suelen conservarse y, por tanto, la llanura de inundación casi siempre tiene poca importancia (Arche, 2010, Bridge, 2008).

Los principales elementos morfológicos son:

- Depósitos de canal

La mayoría de los sedimentos gruesos (grava, arena) en sistemas fluviales se depositan en canales con geometría lenticular. Son depósitos compuestos por granulometría variable, la cual depende de la energía de las corrientes y la capacidad de transportar sedimentos. Estos se caracterizan por tener bases cóncavas erosivas y la parte superior puede ser erosiva o gradacional. Generalmente el canal tiene varios eventos de relleno que muestra sucesiones granodecrecientes reflejando varios pulsos limitados por superficies erosivas y se interpretan como abandono progresivo por avulsión aguas arriba o la obstrucción por eventos dinámicos. (Miall, 1996)

- Depósitos de Barras

Las barras son elementos sedimentarios del interior del cinturón de canales con longitudes proporcionales a la anchura de los canales adyacentes. Cuando se localizan dentro del canal

o del cinturón de canales reciben el nombre genérico de braid bar. Si están adosadas al margen se denominan barras de punta o point bar. (Arche, 2010)

- **Barra Puntual (point bar):** Se genera en las partes interiores de las curvas del canal. Los granos más gruesos tienden a ser depositados en las partes basales de la barra, y los sedimentos finos en la parte superior, dando como resultado una secuencia de granodecreciente. La estructura sedimentaria primaria más característica de los depósitos de barras de punto es la estratificación cruzada cóncava, tanto de pequeña como de gran escala. (Grimaldo-Ávalos, 2010; Miall, 1996)
- **Barras longitudinales:** Se forman en la parte media de los canales cuando los sedimentos más gruesos incluidos en la corriente (gravas y arenas), son depositados debido a la pérdida de competencia en el transporte, orientándose con el eje principal paralelo a la dirección de la corriente. La fracción gruesa del material se concentra a lo largo del eje principal y en la parte basal de la barra, tendiendo a existir una disminución en el tamaño del grano hacia arriba de la misma, y corriente abajo. La estructura interna de las barras longitudinales está representada por una estratificación principalmente masiva, aunque pueden presentarse capas con una estratificación horizontal pobremente desarrollada. (Grimaldo-Ávalos, 2010; Miall, 1996).
- **Barras transversales:** Estas se forman de manera transversal al flujo principal de la corriente, y son muy características en sistemas de ríos trenzados que transportan una mayor carga de detritos del tamaño de la arena. Las barras transversales presentan formas rómbicas, llegando a representar rizaduras de gran

escala por la inclinación característica de las capas. (Grimaldo-Ávalos, 2010; Miall, 1996).

### 5.4.3 Ríos Meandriiformes.

Los ríos meandriiformes se desarrollan sobre pendientes bajas, con corrientes que transportan una relación carga en suspensión/carga en tracción elevada, con capacidad de transportar una amplia gama de sedimentos desde gravas a lodos. Presentan una serie de depósitos, los cuales se caracterizan por (Arche, 2010)

- Depósito de canal: En términos generales, este depósito se caracteriza por tener un margen cóncavo (externo) expuesto a erosión y un margen convexo (interno), donde se produce la sedimentación. (Arche, 2010)
  - Barra de Meandro (*Point Bar*): Acumulado por procesos de acreción lateral. Tras una disminución paulatina de energía, se genera una secuencia granodecreciente con las siguientes características: a) depósito de abandono (*lag*), compuesto por carga de fondo, b) arenas con estratificación cruzada en artesa, en la parte superior ripples, c) depósitos de lecho plano en régimen de flujo alto. (Arche, 2010)
- Depósitos de desborde: Localmente, el dique de un sistema meándricos se puede romper durante las avenidas, y las aguas de inundación se canalizan a través de esa rotura, lo cual permite el transporte del sedimento arenoso hasta posiciones más alejadas del canal, formando un cuerpo conocido como lóbulo de derrame (*crevasse splay*), caracterizado por migración lateral de facies de mayor energía hacia la parte

central (Arenas masivas o con laminación plano-paralela) a ondulitas en las partes distales. (Arche, 2010)

- Depósitos de llanura de inundación: Ocurre cuando hay desbordamientos muy importantes. Se caracteriza por ser sistema de depósito de material fino (Limo y arcilla), ocasionalmente se depositan bancos de arenas sobreyacidos por material lutitico relacionados a desbordamiento de gran importancia. En este depósito pueden constituir pequeños lagos. (Arche, 2010)

## 5.5 Paleocorrientes

Se denomina paleocorriente a una corriente que existió durante la deposición de sedimentos en momento de la historia geológica. Se analizan en base a estructuras sedimentarias como estratificación cruzada, ondulitas e imbricación, etc. En depósitos de conglomerados, la paleocorriente se analizan en base a la imbricación, este término hace referencia a la inclinación en dirección opuesta al paleo-flujo que genero el depósito sedimentario. (*Harms et al.*, 1982) En base a la orientación de los ejes que de un clasto a: (Eje mayor), b (eje intermedio) y c (Eje menor) es posible determinar la imbricación de la siguiente manera:

- Imbricación del eje a paralelo (a(p)), a imbricado (a(i)) (i) (Figura 6 a). Se asocia a depósitos de turbiditas y con menos frecuencia a depósitos de inundación asociado a un abanico aluvial. (*Harms et al.*, 1982)
- Imbricación del eje a transversal, b imbricado (Figura 6 b) corresponde a clastos sobre la base “Rolling on the bed”, este depósito es característico de las gravas asociadas a ríos. (*Harms et al.*, 1982)

- Sin imbricación (Figura 6 c) corresponde a conglomerados sin orientación aparente, lo cual indica que los clastos tienen menos espacio para moverse uno respecto al otro y por ende no responden individualmente a las tensiones de flujo. (Harms *et al.*, 1982)

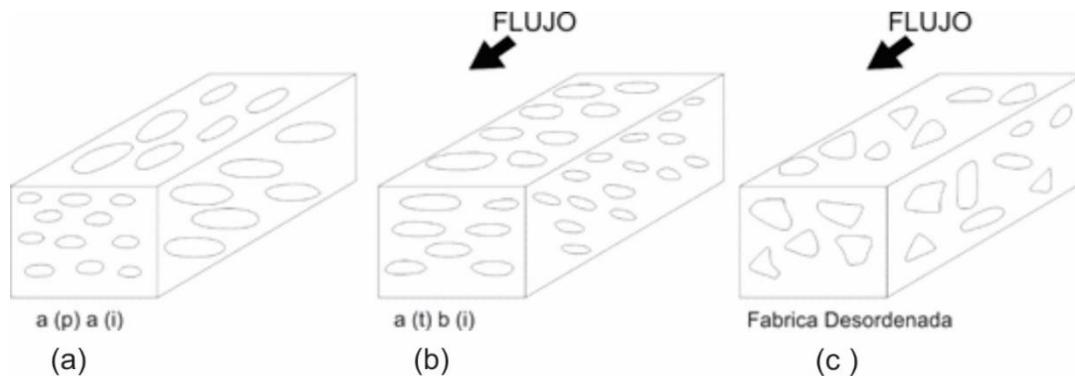


Figura 6: Dirección del flujo, teniendo en cuenta la imbricación de los clastos. (a)  $a(p) a(i)$ , el eje "a" es paralelo a la corriente, el eje "a" está imbricado, (b)  $a(t) b(i)$ , el eje "a" es transversal a la corriente, el eje "b" está imbricado, (c) No existe orientación aparente. Tomado y modificado: Harms *et al.* (1982)

## 5.6 Facies Sedimentarias

Las Facies sedimentarias se refieren a un conjunto de rocas sedimentarias que pueden ser definidas y separadas de otras por su geometría, litología, estructuras sedimentarias y contenido fósil. (Miall, 1996). En otras palabras, las facies son un término completamente descriptivo para referirse a características litológicas y paleontológicas de una roca sedimentaria y la interpretación de estas lleva a entender el proceso sedimentario y el ambiente de deposición que generó las rocas analizadas.

Existe un gran número de descripciones texturales de facies sedimentarias para depósitos fluviales, en este trabajo se empleó la clasificación de Miall, (1977), ver Figura 7.

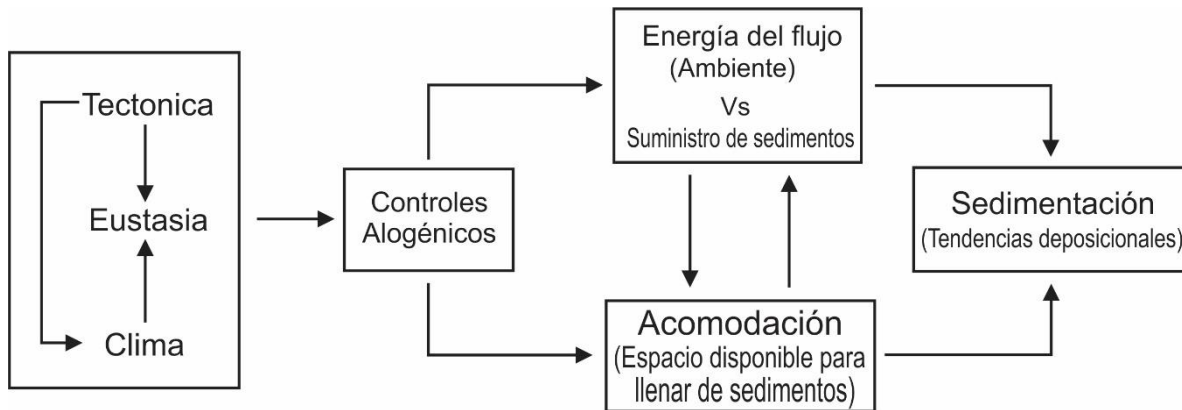
Facies code	Facies	Sedimentary structures	Interpretation
Gmm	Matrix-supported, massive gravel	Weak grading	Plastic debris flow (high-strength, viscous)
Gmg	Matrix-supported gravel	Inverse to normal grading	Pseudoplastic debris flow (low strength, viscous)
Gci	Clast-supported gravel	Inverse grading	Clast-rich debris flow (high strength), or pseudoplastic debris flow (low strength)
Gcm	Clast-supported massive gravel	-	Pseudoplastic debris flow (inertial bedload, turbulent flow)
Gh	Clast-supported, crudely bedded gravel	Horizontal bedding, imbrication	Longitudinal bedforms, lag deposits, sieve deposits
Gt	Gravel, stratified	Trough cross-beds	Minor channel fills
Gp	Gravel, stratified	Planar cross-beds	Transverse bedforms, deltaic growths from older bar remnants
St	Sand, fine to very coarse, may be pebbly	Solitary or grouped trough cross-beds	Sinuuous-crested and linguoid (3-D) dunes
Sp	Sand, fine to very coarse, may be pebbly	Solitary or grouped planar cross-beds	Transverse and linguoid bedforms (2-D dunes)
Sr	Sand, very fine to coarse	Ripple cross-lamination	Ripples (lower flow regime)
Sh	Sand, very fine to coarse, may be pebbly	Horizontal lamination parting or streaming lineation	Plane-bed flow (critical flow)
Sl	Sand, very fine to coarse, may be pebbly	Low-angle (< 15°) cross-beds	Scour fills, humpback or washed-out dunes, antidunes
Ss	Sand, fine to very coarse, may be pebbly	Broad, shallow scours	Scour fill
Sm	Sand, fine to coarse	Massive, or faint lamination	Sediment-gravity flow deposits
Fl	Sand, silt, mud	Fine lamination, very small ripples	Overbank, abandoned channel, or waning flood deposits
Fsm	Silt, mud	Massive	Backswamp or abandoned channel deposits
Fm	Mud, silt	Massive, desiccation cracks	Overbank, abandoned channel, or drape deposits
Fr	Mud, silt	Massive, roots, bioturbation	Root bed, incipient soil
C	Coal, carbonaceous mud	Plant, mud films	Vegetated swamp deposits
P	Paleosol carbonate (calcite, siderite)	Pedogenic features: nodules, filaments	Soil with chemical precipitation

Figura 7: Litofacies Sedimentarias. Tomado de: Miall, (1996)

## 5.7 Controles Alogénicos en Depósitos Aluviales

La sedimentación en depósitos aluviales hace referencia a la sedimentación como consecuencia de controles generales (Alogénicos) o locales (Autigénicos). Los controles autigénicos son importantes en una escala subdeposicional y se estudian por los métodos

convencionales de sedimentología y análisis de facies; los controles alogénicos son: el clima, la tectónica y la eustasia. Dichos controles están relacionados con la energía del medio, el suministro de sedimentos, la acomodación y las tendencias de deposición. Estas a su vez son relevantes en una secuencia estratigráfica y controlan la arquitectura de una cuenca sedimentaria. (Figura 8) (Catuneanu, 2006)



*Figura 8: Controles alogénicos en la sedimentación y su relación con la energía del flujo, el Suministro de sedimentos y la acomodación. Tomado y modificado de: Catuneanu, (2006)*

Se define una cuenca intramontana como una depresión intramontañosa que en su formación no tuvo influencia de la eustasia. El suministro y deposición de sedimentos en esta es controlada principalmente por la tectónica y el clima. (Catuneanu, 2006).

El suministro de sedimentos se refiere a la cantidad (Flujo) y tipo del sedimento (tamaño de grano). Este suministro depende del clima y la tectónica. Por ejemplo, en un clima húmedo en donde la precipitación es alta aumenta el nivel de erosión y la capacidad de transporte de un flujo que da como resultado un aumento significativo en el suministro de sedimentos. (Catuneanu, 2006).

Por otro lado, la tectónica controla: 1) Geometría en las secuencias sedimentarias por subsidencia diferencial; 2) Acumulación de las Facies más gruesas a lo largo del borde

proximal de la cuenca; 3) Variación en la profundidad máxima de la sucesión sedimentaria de la cuenca; 4) Cambios en pendientes topográficas. (Catuneanu, 2006).

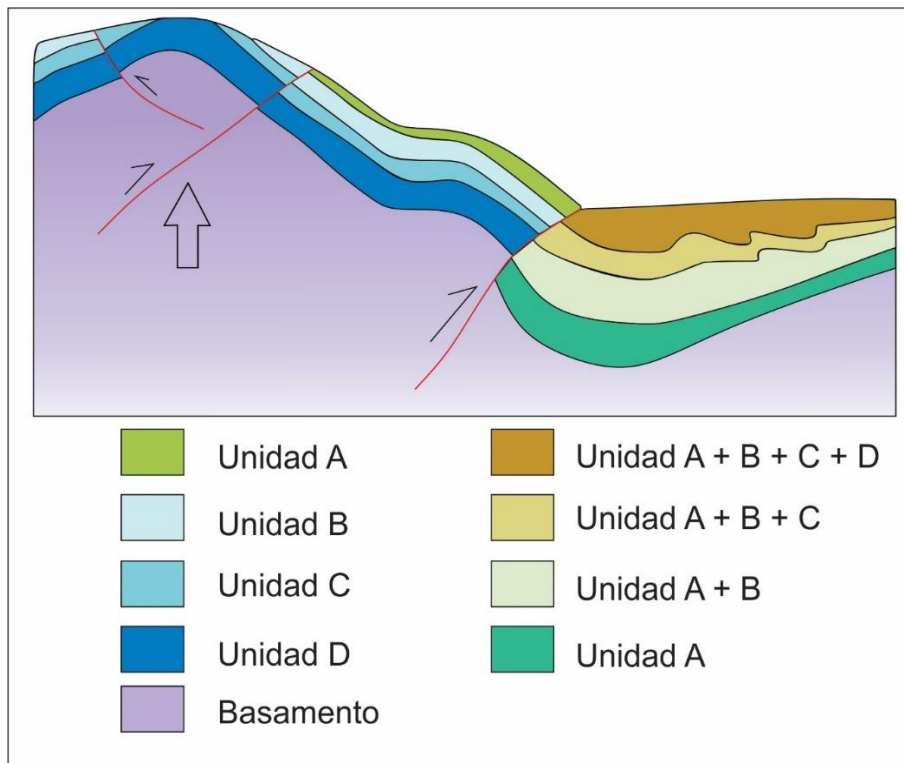
## 5.8 Proveniencia de Cuencas Intramontanas

Los depósitos sedimentarios son indicadores de una actividad tectónica desarrollada en las fallas que delimitan la cuenca. En regímenes convergentes, en los que ocurren levantamientos tectónicos los cambios en composición de sedimentos clásticos reflejan la erosión y el levantamiento del área fuente. (Arche, 2010; Colombo, 1994)

Cuando el transporte de materiales clásticos es directo desde el área fuente a la zona de acumulación de los abanicos aluviales, los cambios en la composición de los clastos indican la evolución tectónica del área fuente a lo largo del tiempo. Este proceso se denomina secuencia de descapotamiento (*unroofing sequence*) y refleja la denudación de la estratigrafía original del área fuente a medida que avanza el régimen compresivo en un determinado tiempo geológico. (Arche, 2010; Colombo, 1994)

Se denomina secuencia normal de clastos al depósito aluvial con la estratigrafía original invertida. Este ordenamiento estratigráfico, durante un régimen compresivo continuo exhibe la siguiente secuencia depositacional (Figura 9). (Colombo, 1994)

- Fase 1: Erosión y deposición de la unidad más reciente (unidad A)
- Fase 2: Aflora unidad B. Erosión y deposición de las Unidades A+B
- Fase 3: Aflora Unidad C. Erosión y deposición de las Unidades A+B+C
- Fase 4: Aflora Unidad C. erosión y deposición de las Unidades A+B+C+D



*Figura 9: Secuencia normal de descapotamiento. Tomado y modificado de: Sagripanti, Bottesi, Kietzmann, Folguera & Ramos (2012).*

En otras palabras, una secuencia de normal de descapotamiento deja como evidencia el levantamiento y denudación del área fuente; los clastos erodados y posteriormente depositados dejan en su registro la erosión de las unidades sedimentarias más jóvenes en sus etapas iniciales y a medida que se desarrolla el tectonismo unidades más antiguas conformaran los clastos del abanico aluvial.

## 6 Geología General

Las rocas más antiguas del Macizo de Santander son las correspondientes al Neis de Bucaramanga con litologías de neises, esquistos y migmatitas como resultado de la orogenia Grenvilliana durante el Mesoproterozoico. (Ureña-Suarez y Zuluaga, 2011; Ward, Goldsmith, Jimeno, Cruz, Restrepo, 1973<sub>1</sub>). En el Ordovícico Inferior ocurre un segundo evento de metamorfismo regional (Mantilla, Bissig, Cottle & Hart, 2012; Restrepo-Pace & Cediél, 2010) evidenciado por rocas con metamorfismo de grado bajo a medio correspondientes a los Esquistos del Silgará y al Ortoneis. (Ward *et al.*, 1973<sub>1</sub>). Del Ordovícico Superior al Silúrico se presenta un evento metamórfico de grado bajo a muy bajo. En el Paleozoico Superior ocurre una sedimentación clástico-calcárea principalmente de ambiente de plataforma marina somera. (Villaroel y Mojica, 1986)

Durante el Triásico-Jurásico (210-190 Ma), el Macizo es intruido por rocas ígneas acidas a intermedias de composición granítica denominadas grupo plutónico de Santander. (Mantilla, Bissig, Valencia & Hart, 2013; Ward *et al.*, 1973).

El levantamiento y la erosión del grupo plutónico de Santander proporcionó los sedimentos rojos con tamaño de grano de arena fino a muy grueso y conglomeráticos de las formaciones Jordán y Girón. (Ward *et al.*, 1973). Dichas formaciones son de edad Jurásico depositadas en un sistema fluvial estructuralmente controlado. (Jiménez, López, Jaimes y Umaña, 2016).

El Cretácico Inferior aumenta la subsidencia en una cuenca back-arc en el área del actual Valle de Magdalena, la Cordillera Oriental y los Llanos Orientales. (Cooper *et al.*, 1995)

Durante el Cretácico Tardío se acresionan al Occidente de Colombia terrenos de afinidad oceánica; este suceso marca un cambio en el ambiente geodinámico de extensivo a compresivo (Cooper *et al.*, 1995; Horton *et al.*, 2010) y deja como evidencia el levantamiento de la Cordillera Central en el límite Cretácico-Paleoceno (Caballero *et al.* 2013; Cooper *et al.*, 1995; Villagómez *et al.*, 2010) generando una cuenca Foreland desde el Valle de Magdalena a los Llanos Orientales, con estructuras de inversión tectónica que progradan W a E (Caballero *et al.*, 2013; Cooper *et al.*, 1995).

En el área de las Mesas y el anticlinal de los Cobardes se reporta un levantamiento durante el Paleoceno Temprano, el cual aísla la Cuenca del Valle Medio de Magdalena de la cuenca Foreland hacia el Este. (Caballero *et al.*, 2013)

Durante el Paleoceno al Eoceno se produce un intervalo de amplia erosión y deformación localizada (Gómez, Jordan, Allmendinger, Hegarty, & Kelley, 2005). Según Mora *et al.*, (2010), desde el Eoceno al Holoceno la deformación se intensifica afectando los sistemas de empuje que bordean las paleocuecas de los Llanos Orientales y el Valle de Magdalena. Durante el Eoceno Superior inicia el levantamiento del Macizo de Santander (Caballero *et al.*, 2013) y del actual área de la Cordillera Oriental (Nie *et al.*, 2012)

En el Oligoceno Tardío-Mioceno Temprano la Formación Carbonera evidencia el levantamiento del eje axial de la Cordillera Oriental por circones detríticos con edades coherentes a las reportadas en las unidades que conforman la Cordillera Oriental (Horton *et al.*, 2010). De la misma manera la Formación Mugrosa por petrografía de clastos indica chert con foraminíferos del Cretácico Superior en la base y hacia el tope aumenta la procedencia de unidades Cretácicas posiblemente derivados de la región del Anticlinal de los cobardes-Mesas o del Macizo de Santander. (Caballero *et al.*, 2013). Este periodo enmarca el inicio de la inversión de fallas regionales que limitaban el sistema de grietas Mesozoicas. Estas

estructuras de inversión llevaron al acortamiento, inversión y levantamiento de la Cordillera Oriental en la fase Oligoceno Tardío-Mioceno Temprano. (Mora *et al.*, 2010)

Durante el levantamiento del margen Occidental de la Cordillera Oriental, se exhumaron estratos tan antiguos como el Jurásico, (Caballero *et al.*, 2013). Este proceso y la erosión continúa a inicios del Plioceno, permitió el desarrollo de una superficie plana en forma de Mesa, la cual es afectada por accidentes tectónicos debidos a un aumento en el régimen compresivo que dejan como consecuencia una serie de bloques limitados por Fallas, generando una cuenca tectónica por subsidencia en una cuña entre la Falla Bucaramanga al Este y la Falla del Suarez al Oeste, la cual enmarca el inicio de la deposición de la Formación Bucaramanga en el Plioceno. (Julivert, 1958)

### **6.1.1 Estratigrafía del área fuente.**

El principal aporte de sedimentos de la Formación Bucaramanga es el actual área de la Cordillera Oriental y/o la cuenca Maracaibo-Catatumbo, estas inciden sobre litologías muy variadas: Rocas metamórficas del Precámbrico, ígneas del límite Triásico-Jurásico y Rocas sedimentarias del Cretácico (Figura 10, Figura 11). (Ward, 1973<sub>1</sub>)

Serie	Nomenclatura Estandar		Descripción Litológica Generalizada
Maastrichtiano	Formación Umir		Limolita marrón rojiza
Campaniano			Shale muy fisil de color gris, blanco.
			Estratos esporádicos de concreciones ferruginosas. Mantos de carbón
Santoniano	Formación La Luna	Miembro Galembó	Predomina el Shale calcáreo con estratos de chert y caliza interestratificado con concreciones.
Coniaciano		Miembro Pujamana	Shale Calcáreo negro, finamente laminado de dureza media.
Turoniano		Miembro Salada	Shale negro calcáreo, estratos de caliza y concreciones de pirita
Cenomaniano	Formación Simití		Arcillolitas negras laminadas, carbonáceas y localmente calcáreas y concrecionales. Las concreciones son comúnmente fosilíferas
Albiano	Formación Tablazo	Grupo Basal Calcáreo	Capas macizas de caliza fosilíferas y margas muy calcáreas
Aptiano	Formación Paja		Lodolitas en capas muy gruesas con intercalaciones de bioesparitas, arenitas de cuarzo fosilíferas y limolitas de cuarzo.
Barremiano Hauteriviano	Formación Rosa Blanca		Caliza oolítica negras duras y densas y trazas de minerales pesados (pirita), lodolitas calcáreas grises, shales con intercalaciones de caliza.
Valangiano	Formación Tambor		Limolita gris oscura, arenita y conglomerado, con limolita gris al tope
Berriasiano			
Jurásico	Formación Girón		Capas de conglomerados y de areniscas rojas intercaladas con lodolitas violetas.
	Formación Jordán		Areniscas ligeramente conglomeráticas intercalada con niveles arcillosos
	Grupo Plutónico de Santander		Granito rosado, grano diorita y cuarzomonzonita gris
Triásico	Grupo Surata	Formación Bocas	Conjunto de limolitas calcárea y lutitas intercaladas de color gris.
Permico		Formación Tiburón	Predominan los guijos de caliza, los guijos de dolomita
Carbonífero	Formación Diamante		Areniscas de grano fino a medio de color púrpura con intercalaciones de arcillolita, con niveles de shale gris oscuro con intercalaciones de caliza.
Devónico	Macizo de Floresta		Rocas meta-sedimentarias y Filitas.
Predevónico a Precámbrico	Macizo ígneo metamórfico	Ortoneis	Neis cuarzo-feldespático de protolito ígneo.
		Complejo Silgará	Filitas, pizarras, meta-limolitas, meta-areniscas, cuarcita y mármol.
		Gneis de Bucaramanga	Neises pelíticos y máficos, cuarcitas, mármoles y anfibolitas, localmente migmatitas.

Figura 10: Unidades aflorantes en la cuenca Valle Medio de Magdalena. Recopilación bibliográfica tomada de: Ward, (1973)1.

Serie	Nomenclatura Estandar		Descripción Litológica Generalizada
Santoniano	Formación La Luna	Miembro Galembó	Predomina el Shale calcáreo con estratos de chert y caliza interestratificado con concreciones.
Coniaciano		Miembro Pujamana	Shale Calcáreo negro, finamente laminado de dureza media.
Turoniano		Miembro Salada	Shale negro calcáreo, estratos de caliza y concreciones de pirita
Cenomaniano	Formación Chipaque		Caliza y Chert negro, areniscas cuarcíticas con cemento calcareo, lutitas calcáreas.
Albiano	Formación Aguardiente		Arenisca cuarzosa, arenisca cuarzosa y glauconítica de grano medio a grueso intercaladas con lodolitas oscuras. Petrográficamente como mineral accesorio tiene turmalina y circones.
Aptiano Superior	Formación Tibu-Mercedes		Calizas masivas biotriticas alternadas con lutitas oscuras, cuarzo arenitas de grano medio a grueso. Nodulos de pirita.
Aptiano Inferior Barremiano Hauteriviano	Formación Rio Negro		Areniscas cuarzosas grano fino a medio alternando con lodolitas negras y lodolitas micaceas. Localmente areniscas conglomeraticas de cuarzo. Composicionalmente de arenisca arcoscicas a cuarzoarenitas.
Valangiano			
Berriasiano			

Figura 11: Unidades aflorantes en la cuenca Catatumbo-Maracaibo. Recopilación bibliográfica tomada de: Ward, (1973)1.

El curso de los drenajes y paleodrenajes que pueden ser área fuente de la Formación Bucaramanga son Río Suratá, los Ríos: Tona, Frío, Del Hato y de Oro (INGEOMINAS,

2001; INGEOMINAS, 2007; INGEOMINAS, 2008; Jiménez et al., 2015; Niño y Vargas, 1993; Porta, 1958; Solano, 2016) y los paleocauces de los Ríos Chicamocha y Río Suarez-Sogamoso. (García y Medina, 2017; Julivert, 1959; Solano, 2016; Struth, 2016). (Figura 12). Estos drenajes y paleodrenajes cortan unidades geológicas, las cuales se agrupan para el presente informe en base a características litológicas y cronológicas que lleven a establecer la posible área de aporte en términos de litologías indicadoras de proveniencia.

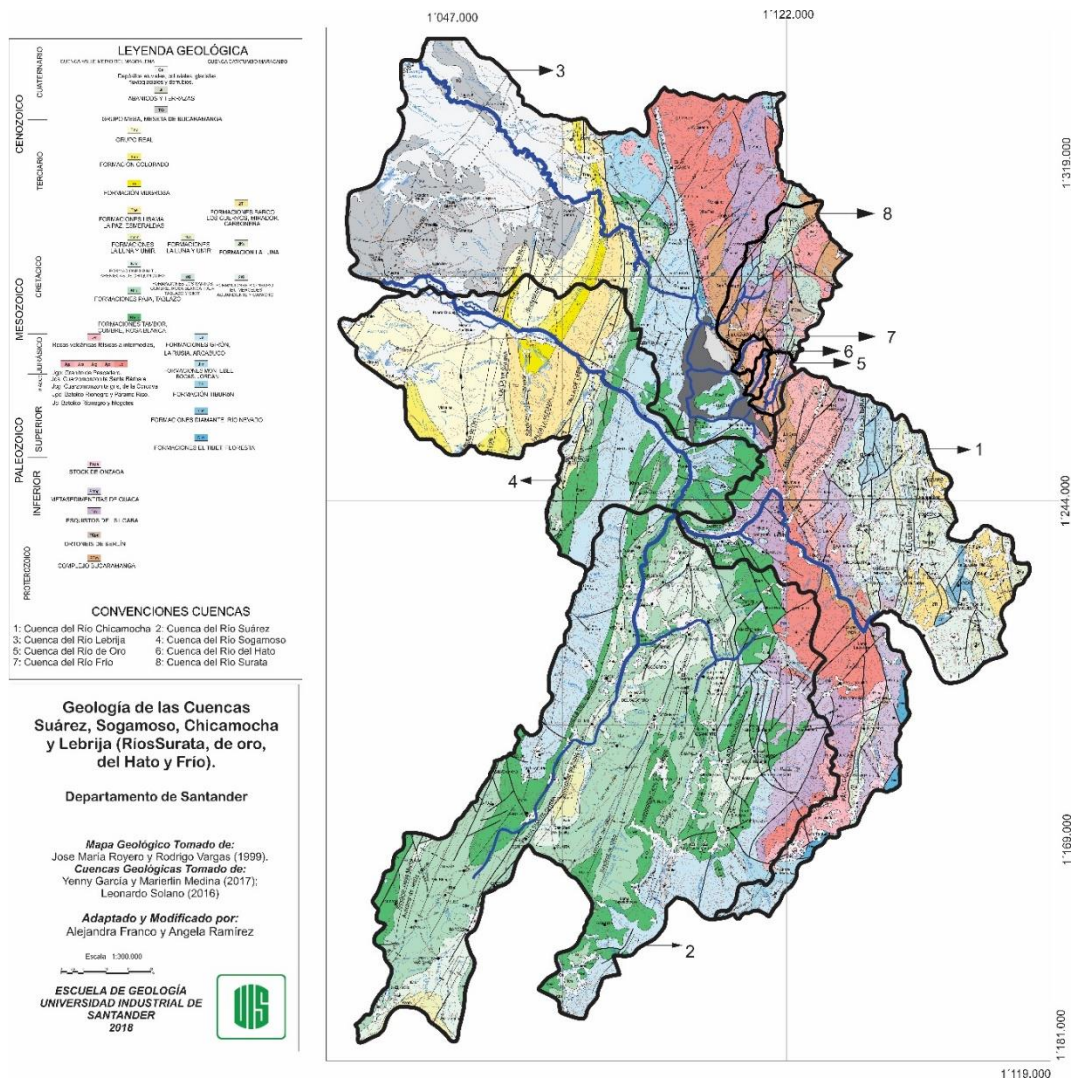


Figura 12: Geología de las cuencas adyacentes al depósito de la Fm. Bucaramanga. Mapa geológico tomado, modificado y adaptado de Ward et al., (1973<sub>2</sub>). Cuencas de Santander tomado, modificado y adaptado de: García y Medina, (2017); Solano, (2016).

Como indicadores de proveniencia se establecen las siguientes categorías (Tabla 1):

- Roca fuente de cuarzo y rocas metamórficas: Clastos metamórficos y de Cuarzo de vena o cuarcita derivados de vetas o de venas de cuarzo en las unidades metamórficas, o rocas metamórficas como cuarcitas; solo hay estos tipos de litologías en las rocas del basamento pre Carbonífero tales como las unidades, Neis de Bucaramanga, los Esquistos del Silgará, Unidad ortoneis y metasedimentitas de Guaca reportadas en el Macizo de Santander. (Ward et al., 1973<sub>1</sub>).
- Roca Fuente de los granitos y las riolitas: Estos clastos hacen parte de las rocas del Triasico-Jurasico, reportado en el grupo plutónico de Santander, donde se agrupan varios cuerpos ígneos como el Granito de Pescadero y la Cuarzomonzonita de Santa Bárbara. (Ward et al., 1973<sub>1</sub>).
- Roca fuente de la clasificación Sedimentarias Rojas (arenitas, limolitas rojas): clastos de gravas de lechos rojos que provienen de rocas del Triásico – Jurásico, como son las formaciones Jordán y Girón de la cordillera oriental. (Ward et al., 1973<sub>1</sub>).
- Roca fuente de Chert: Estos clastos solo pueden provenir de unidades del cretácico generadoras de chert como la formación La Luna y unidades correlacionables. La resistencia a la erosión de estos clastos, todo el proceso de transporte ocasiona fracturas de los clastos más grandes y redondeamiento de los mismo con apariencia de nódulos de chert. (Ward et al., 1973)
- Rocas fuente de la clasificación Sedimentarias Blancas (cuarzo arenitas, arcosas y limolitas blancas), estos provienen principalmente de rocas del Cretácico superior de las formaciones Rio Negro, Aguardiente, tambor y Tablazo. (Ward et al., 1973).
- Roca fuente de la clasificación Sedimentarias Glauconíticas (arenita glauconítica): Los clastos de arenita glauconítica solo pueden provenir de unidades del Cretácico,

específicamente de la formación Aguardiente, Tibú Mercedes y Tablazo. Estos clastos se caracterizan por su resistencia a la erosión y la estabilidad del material después de someterse a los diferentes procesos sedimentarios antes de su deposición.

(Fabre, 1977; Ward *et al.*, 1973)

Tabla 1:

*Categorías indicadoras de proveniencia*

<b>EDAD</b>	<b>CATEGORIA</b>	<b>CARACTERISTICAS LITOLÓGICAS</b>
<b>Cretácico</b>	Sedimentarias Finas	Lodolitas
<b>Cretácico superior</b>	Chert	Chert negro y chert alterado.
<b>Cretácico Inferior</b>	Arenitas Glaucóníticas	Arenitas cuarzosas glauconíticas y cuarzoarenitas glauconíticas.
<b>Cretácico Inferior</b>	Arenitas Blancas	Arenitas blancas, Arcosa (cuarzosas y arcosas), arenitas conglomeráticas blanca
<b>Jurásico</b>	Sedimentarias Rojas	Limos y arcillas rojas; areniscas rojas y areniscas conglomeráticas rojas.
<b>Pre Jurásico</b>	Cuarzo	Cuarzo
<b>Jura-Triásico</b>	Grupo Plutónico de Santander	Granito Blanco, Riolita, Granito Rosado, Granito Verde
<b>Pre-carbonífero</b>	Basamento Metamórfico	Neis, ortoneis, esquisto, filita, cuarcita

*Nota\**: Características Cronológicas y Litológicas tomadas de: Ward *et al.*, 1973<sub>1</sub>.

Las características indicadoras de clastos tienen la siguiente representatividad estadística en las cuencas de los drenajes analizadas de la siguiente manera (

*Tabla 2):*

Tabla 2:

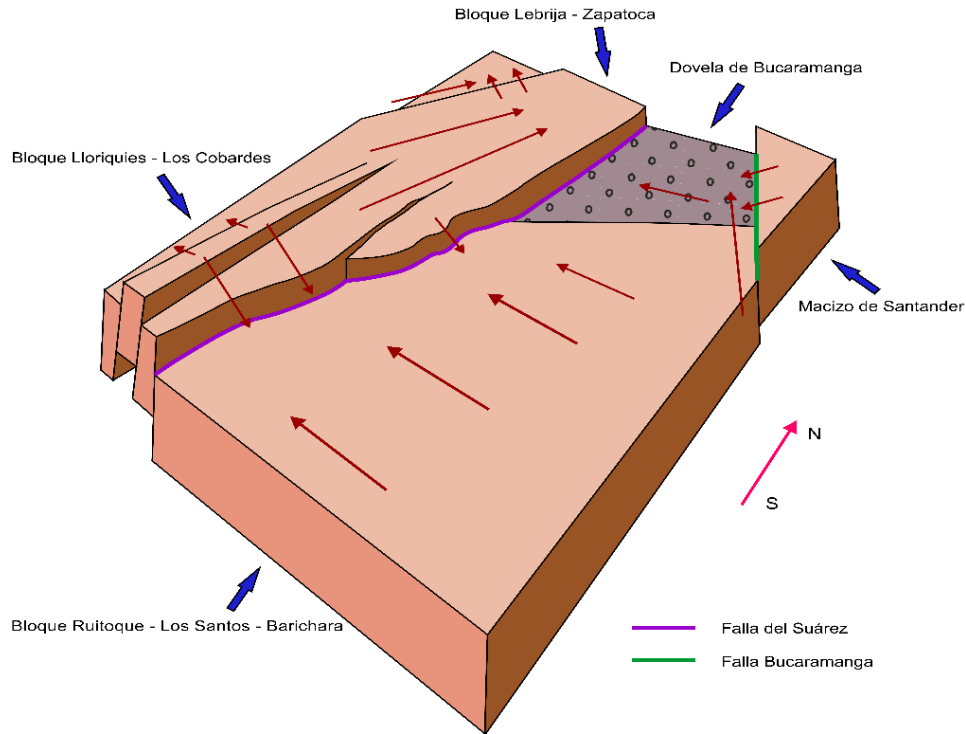
*Categorías de clasificación asociadas a las cuencas adyacentes a la zona de estudio.*

Categoría de clasificación	Cuenca de los drenajes			
	Suarez-Sogamoso	Chicamocha	Suratá	Hato, Frio y Oro
<b>Arenitas Blancas</b>				
<b>Arenitas Glauconíticas</b>				
<b>Chert</b>				
<b>Sedimentarias Blancas Finas</b>				
<b>Sedimentarias Rojas</b>				
<b>Granito y Riolita</b>				
<b>Cuarzo</b>				
<b>Rocas Metamórficas</b>				

*Nota\**: Cuencas Hidrográficas tomadas, adaptadas y modificadas de: García y Medina, 2017; Solano, 2016. Incidencia de categorías indicadoras Tomadas de Ward *et al.*, 1973.

## 6.2 Geología Local

El Área Metropolitana de Bucaramanga está conformada por tres bloques tectónicos principales limitados por dos grandes sistemas de fallamiento: Al Occidente por el sistema de Fallas del Suárez y al Oriente por el de Bucaramanga. (Figura 13) (INGEOMINAS, 2007)



*Figura 13: Disposición de los bloques tectónicos en la región de las Mesas. Fuente: Tomado de Julivert, (1959) y modificado por: García y Medina, 2017*

### 6.2.1 Bloque occidental

El bloque occidental presenta una morfología con escarpes fuertes, colinas y cerros aislados. En cuanto a su litología en el extremo noroccidental de la zona de estudio afloran rocas Triásicas de la formación Bocas (**TRb**) diferenciadas de las rocas sedimentarias de edad Jurásica pertenecientes a la formación Girón (**Jg**) que corresponden a las rocas que afloran en el resto del bloque (INGEOMINAS, 2007).

### **6.2.2 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 compuestas por neises, esquistos, migmatitas y pequeños intrusivos de granodiorita han sido agrupadas dentro del Neis de Bucaramanga (PEb) de edad Precámbrica. Dicha unidad junto a stocks de composición ácida de edad Jurásico y Triásico (JRcg), afloran en el bloque montañoso ubicado al nororiente del sistema de fallas de Bucaramanga-Santa Marta conformando un gran volumen rocoso conocido con el nombre de Macizo de Santander. Hacia El valle de Vijagual, se presentan rocas sedimentarias de las formaciones Diamante (Pcd) y Tiburón (TRpt). Hacia la parte centro-occidental, sector de La Cumbre del municipio de Floridablanca, afloran rocas sedimentarias Jurásicas de las formaciones Jordán (Jj) y Girón (Jg), esta última descrita en el bloque occidental. (INGEOMINAS, 2007)

### **6.2.3 Bloque central**

Corresponde a un bloque hundido, el cual fue rellenado por depósitos aluviales recientes (730.000 años a 1 millón de años) dentro de los que están: El abanico de Bucaramanga, que constituye la Formación Bucaramanga (Qb), 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 (Qfe) provenientes principalmente del bloque oriental, Terrazas Aluviales Altas (Qal3), Medias (Qal2) y Bajas (Qal1), Llanuras Aluviales asociadas principalmente a los ríos de Oro y Frío (Qal). (INGEOMINAS, 2007).

#### **6.2.4 Formación Bucaramanga**

La Formación Bucaramanga exhibe una superficie de aspecto ondulado y suave con pendientes entre los 2° y 7°, se extiende hacia el oeste en un área aproximada de 60 a 80 km<sup>2</sup>. (INGEOMINAS, 2001). Los espesores reportados de los sedimentos que conforman esta secuencia están en el rango de 240 a 290 metros. La edad de deposición de la parte basal de esta Formación calculada por medio de análisis de isótopos cosmogénicos es de 730.000 años según el proyecto hidroeléctrico Fonce-Suarez y según Struth (2016), el fin del aporte sedimentario se estima de 400.000 años.

Algunos trabajos proponen dividir la formación Bucaramanga en cinco miembros definidos de base a techo como: Calcáreo, Órganos, Finos, Gravoso y Limos Rojos. Dos de ellos propuestos por Hubach, (1952) y tres por Niño y Vargas, (1993). Con respecto a esta división lo correspondiente a los miembros Organos y Calcáreo no es claro ya que entre estos no se presentan límites estratigráficos definidos que permitan dividirlos por lo que el miembro Calcáreo forma parte del miembro Organos. Lo anterior permite dividir la formación Bucaramanga en los siguientes miembros: miembros Órganos (Qbo), miembro Finos (Qbf), miembro Gravoso (Qbg) y miembro Limos Rojos (Qblr). (INGEOMINAS, 2001).

Tabla 3:

Cuadro comparativo de los miembros que conforman la Formación Bucaramanga

MIEMBRO	Características	Julivert (1958)	Porta (1958)	Niño y Vargas (1993)	INGEOMINAS (2001)	Solano (2016)
<b>ORGANOS</b>	LITOLOGÍA	Cantos rodados con algún banco de arena intercalado hasta de 1 m.	Alternancia de cantos rodados y arena de 1 m aproximadamente. Cantos bien redondeados y bien calibrados.	Grava matriz soportadas y grano soportadas, lodo arenosas, arenolodas. Subredondeadas a redondeadas. Presenta feldespatos alterados en los niveles medios variables de arcillas compactas arenosas.	Depósitos de grava y bloques débilmente consolidados, clasto soportados 60% y grano soportados 40% con espesores hasta 15 m. el tamaño de las gravas llega a 30 cm. Todos los fragmentos tienen formas redondeadas a subredondeadas, esfericidad baja a media y mal seleccionados. Los lentes y las capas finas corresponden a arenas y arenas arcillosas compactas	Intercalaciones de capas gravosas de guijas a guijarros clasto-soportadas y matriz-soportadas, mal calibradas, clastos bien redondeados a subredondeados, matriz arenolodosa; con capas de arenas lodosas, limos arcillosos y arcillas limosas.
	ESPESOR	200 m	200-250 m	170 m	180 m	136 m

	AMBIENTE	Fluvial	Fluvial	Facies proximal y meda de un abanico Aluvial	Flujo de escombros y flujos torrenciales e Inter digitación de corrientes de canal. Parte proximal y media del Abanico.	Fluvial
<b>FINOS</b>	LITOLOGÍA	Intercalaciones de arena, limos y arcillas finamente estratificadas con acumulaciones locales de gravas.	Intercalaciones de arena grises, arenas ocre, arena lodosa, arena con cantos y arcilla, arcillolita arenosa y costra de limolita. Localmente hay gravas de 2-3 mm de cuarzo, angulares flotando en material arcilloso.	Arenas arcillosas, arcillas arenosas ligeramente micáceas, gravas y gravas arcillosas. La geometría es tabular y lenticular con variaciones laterales de facie y laminación plano-paralela, cruzada y ondulosa.	Intercalaciones de niveles arcillosos, limo arenoso y areno limosos, geometría lenticular, con espesores de 5 a 40 cm, estratificación plano-paralela, cruzada y ondulosa. La base de este miembro es arcillo limoso de colores grises a verdes. la parte media al tope es una alternancia de niveles areno limosos y limo arenoso.	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	+30 m	8-10 m en la zona más espesa.	20 m	15 m	11 m
	AMBIENTE	Régimen lagunar en la llanura aluvial	Fluvio lagunar-ciénagas	Corrientes migratorias de canales trenzados poco	Ambiente aluvial de intercanales poco profundo, de baja energía.	Fluvial

				profundo con flujos de lodo y escombros de baja intensidad.	Interdigitaciones de flujos de escombros.	
<b>GRAVOSO</b>	LITOLÓGÍA	Cantos rodados hasta 50 cm cemento limo-arenoso color rojo a ocre disposición caótica, sin calibrar	Cantos Heterométricos con matriz arcillo arenosa de color rojo amarillento	Grava areno lodosa y lodo arenosa, subredondeados y mal seleccionada.	Niveles de gravosos y gravo lodosos de 15 cm aproximadamente, matriz soportados. Clastos subangulares a subredondeados en matriz areno-arcillosa-limosa.	Gravas clasto-soportadas, de guijas de 5 a 6 cm, algunos guijarros de 15 cm, redondeadas a subredondeadas, mal calibradas.
	ESPESOR	8 m	+/- 15 m	5 m	8-30 m	2 m (Espesor visible)
	AMBIENTE	Sedimentación mixta fluvial y torrencial.	Fluvial con aporte lateral de derrubios	Flujo de lodo acompañado de caída de bloques procedentes del Macizo de Santander.	Dominio de flujo de escombros.	Fluvial
<b>LIMOS ROJOS</b>	LITOLOGIA	NO DEFINIDO	Definido en Julivert, (1963) como tres depósitos rojos, oxidados. Limos rojos, conglomerados de bloques matriz soportados en matriz roja y	Nivel de arcilla gravosa caracterizado por grandes bloques angulares de baja esfericidad de areniscas blancas silíceas. Espesor: 5 m	Arenas arcillosas gravosas y limos de colores rojizos, amarillentos y naranjas. Presencia esporádica de bloques angulares de arenisca asociados	NO DEFINIDO

		grandes bloques aislados. Este miembro recubre discordantemente		superficialmente a este miembro.
	AMBIENTE	los otros tres miembros de la terraza, motivo por el cual la deposición de este miembro no está ligada a la sedimentación de la Fm Bucaramanga	Flujo de lodo acompañado de bloques procedentes del Macizo	Flujo de lodo acompañado de bloques procedentes del Macizo

*Nota\**: Descripción sedimentológica y estratigráfica tomada de: INGEOMINAS, 2001; Julivert, 1958; Niño y Vargas, 1993; Porta, 1958; Solano, 2016.

## 7 Resultados

En esta sección se mostrarán los resultados obtenidos en el presente proyecto de investigación, los cuales se dividieron en los siguientes segmentos: Levantamiento estratigráfico, descripción sedimentológica y análisis facial, medición de paleocorrientes en canales e imbricación de clastos y análisis de área fuente por medio de petrografía y conteo de clastos.

### 7.1 Levantamiento Estratigráfico

El levantamiento y la descripción litoestratigráfica de los miembros Órganos, Finos y Gravoso de la Formación Bucaramanga se realizó a una escala 1:30, (**Apéndice A: Secciones Estratigráficas Detalladas**) en ocho secciones ubicadas en el municipio de Girón y al sur del Municipio de Bucaramanga (Figura 14). Las columnas generalizadas y sus principales características se presentan a continuación:

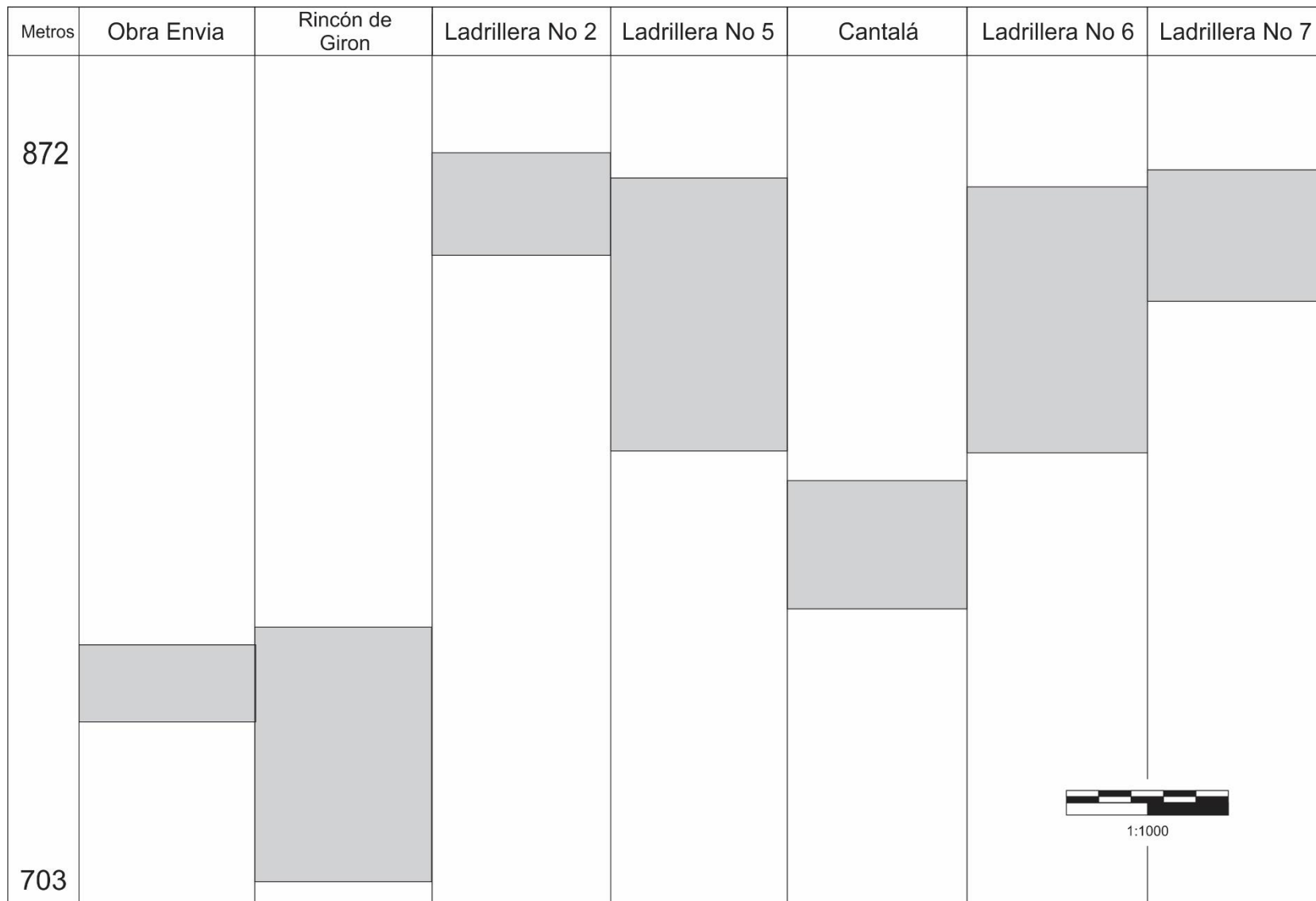


Figura 14: Correlación topográfica de las secciones levantadas en este proyecto de investigación

**7.1.1 Columna Rincón de Girón**

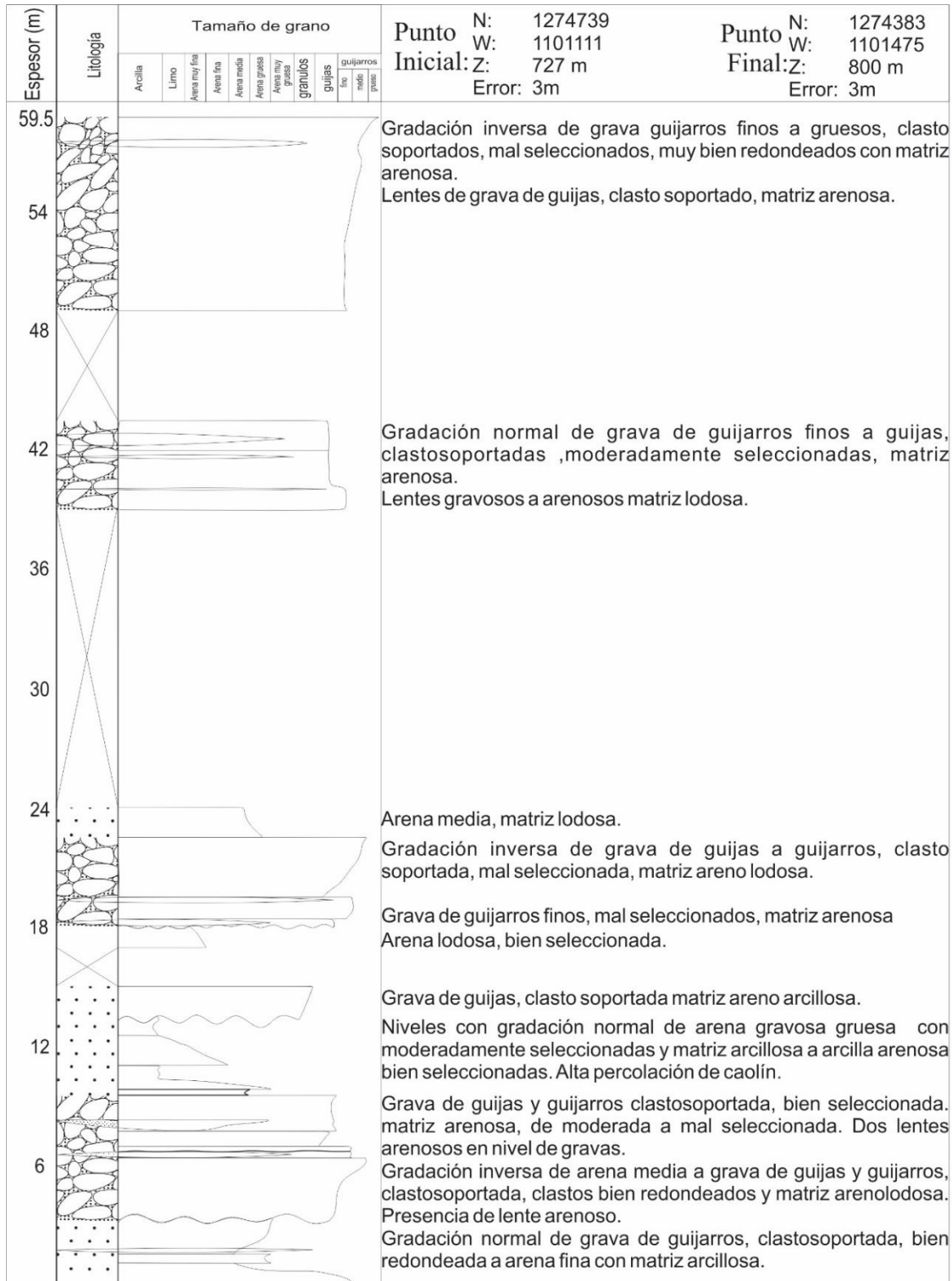


Figura 15: Columna estratigráfica generalizada Sección Rincón de Girón

7.1.2 Columna Cantalá

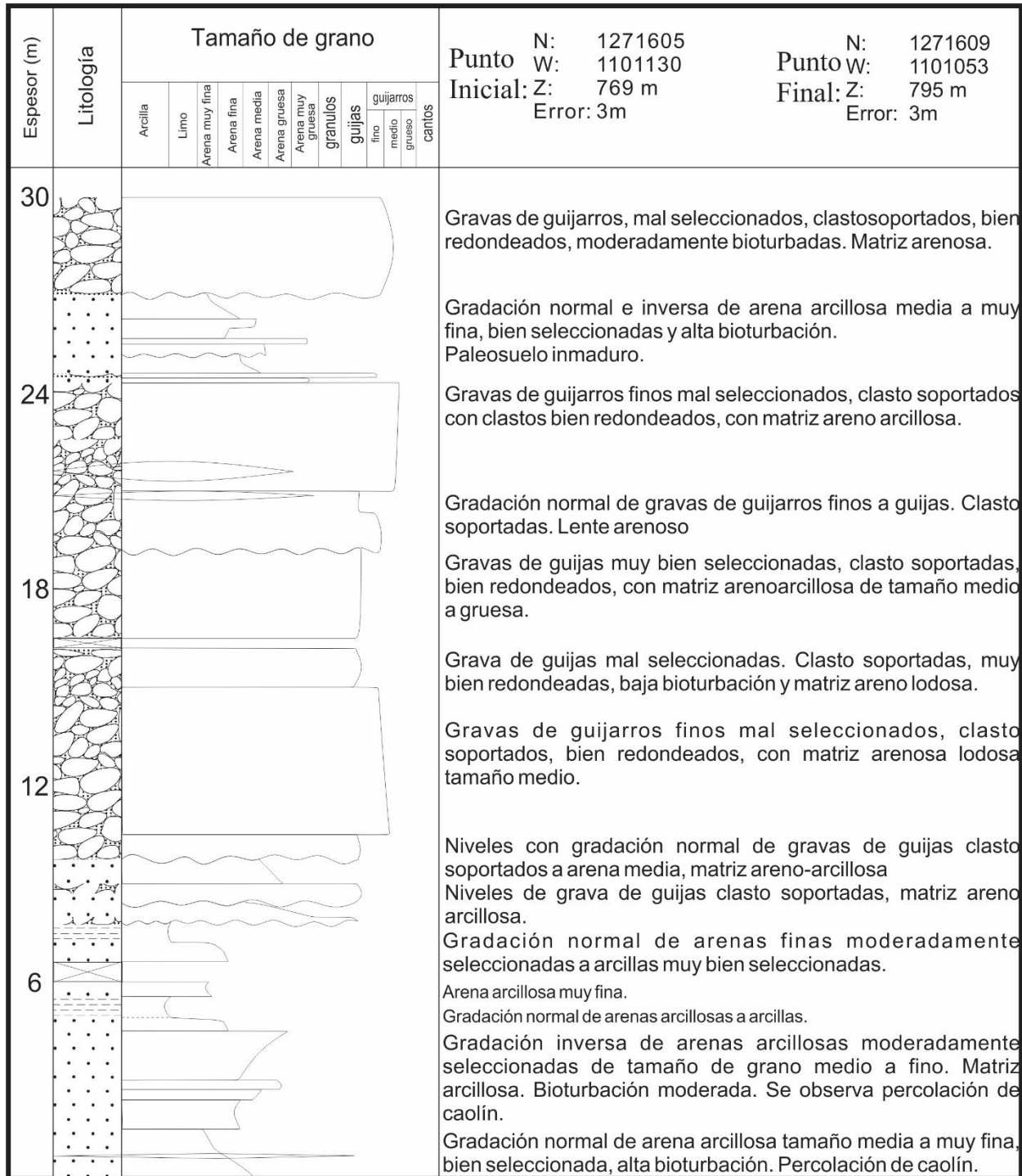


Figura 16: Columna estratigráfica generalizada Sección Cantalá

7.1.3 Columna Obra Girón

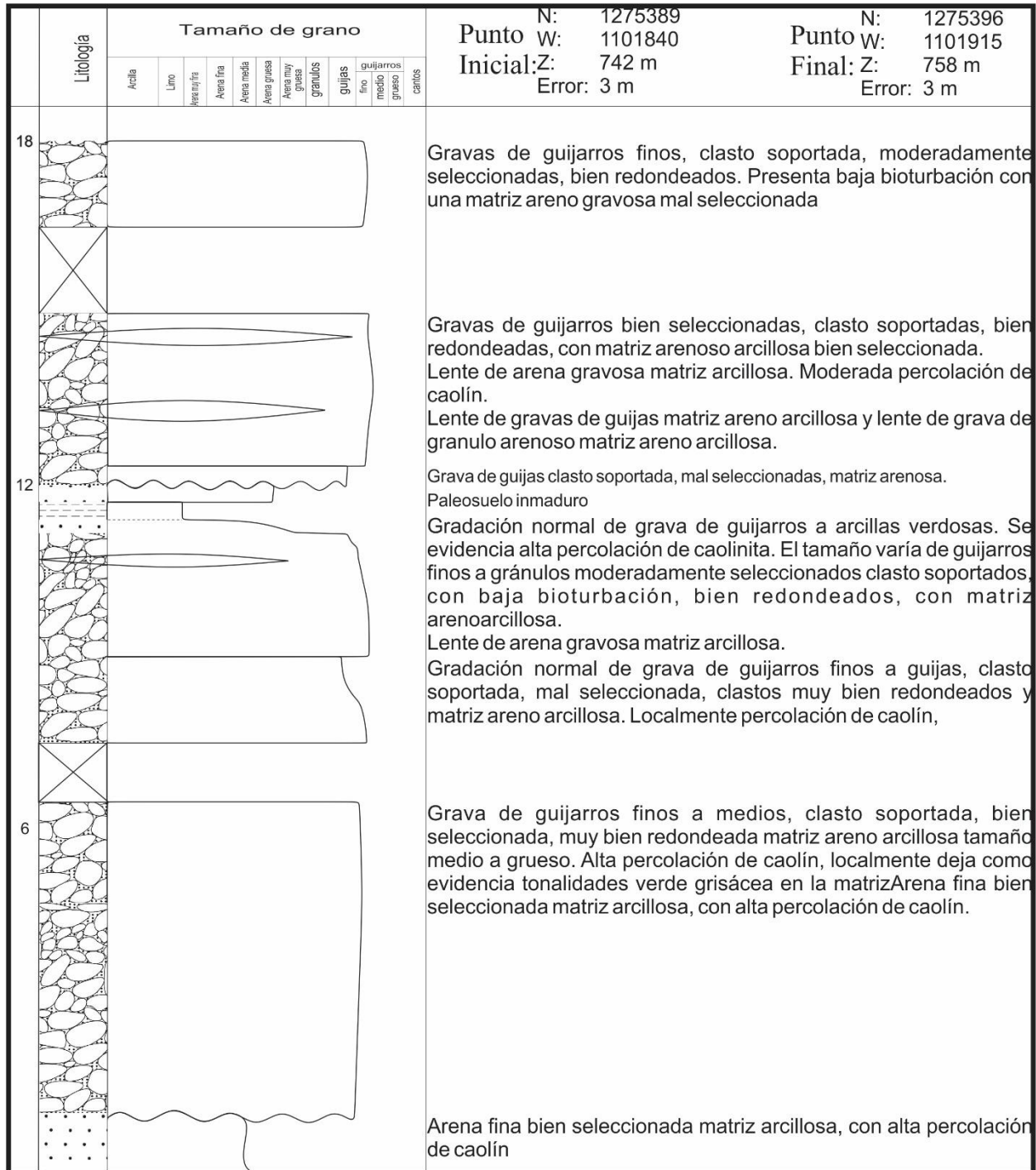


Figura 17: Columna estratigráfica generalizada Sección Obra Girón

7.1.4 Columna Canal

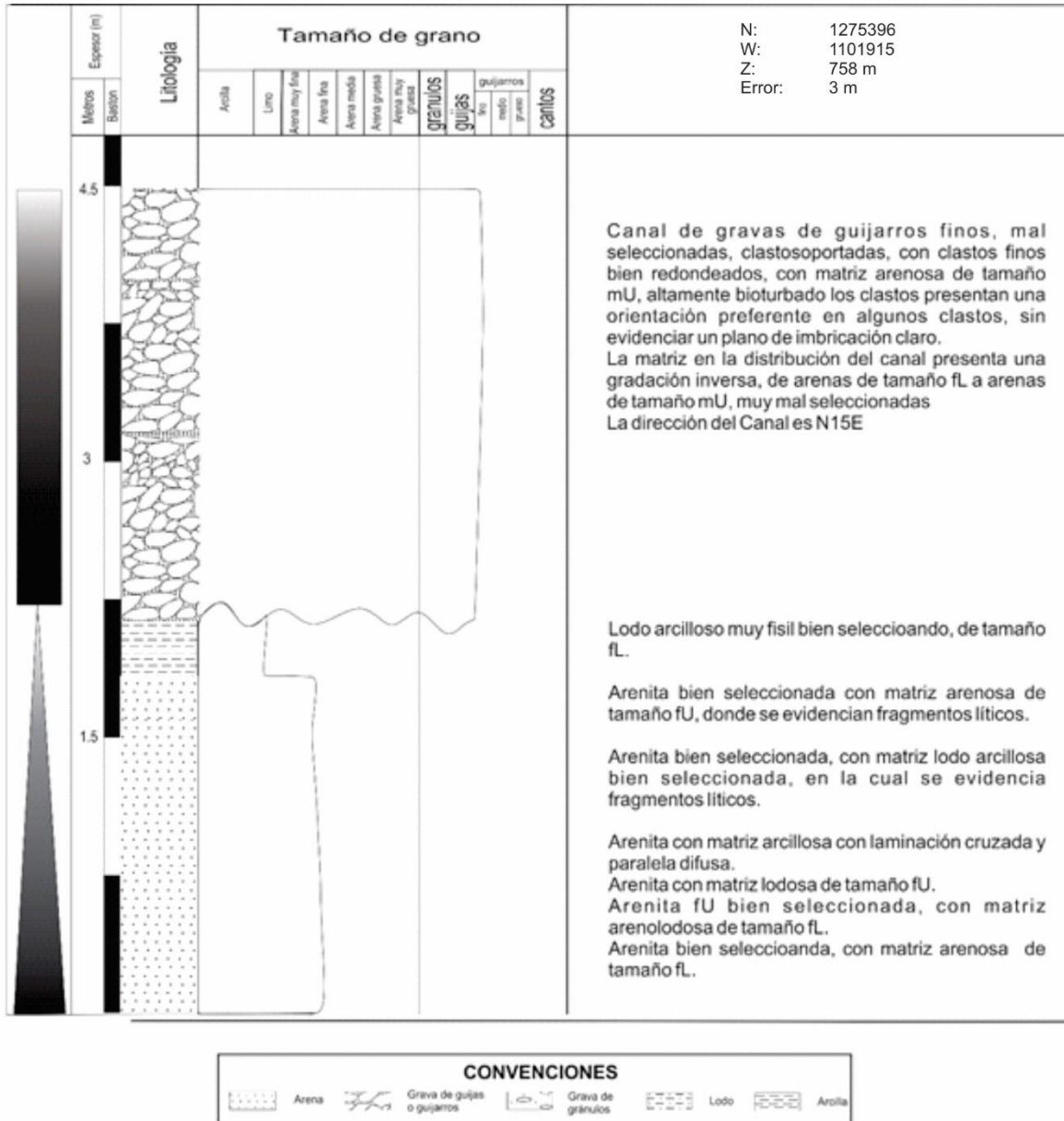


Figura 18: Columna estratigráfica generalizada Sección Canal

7.1.5 Columna Ladrillera No 2

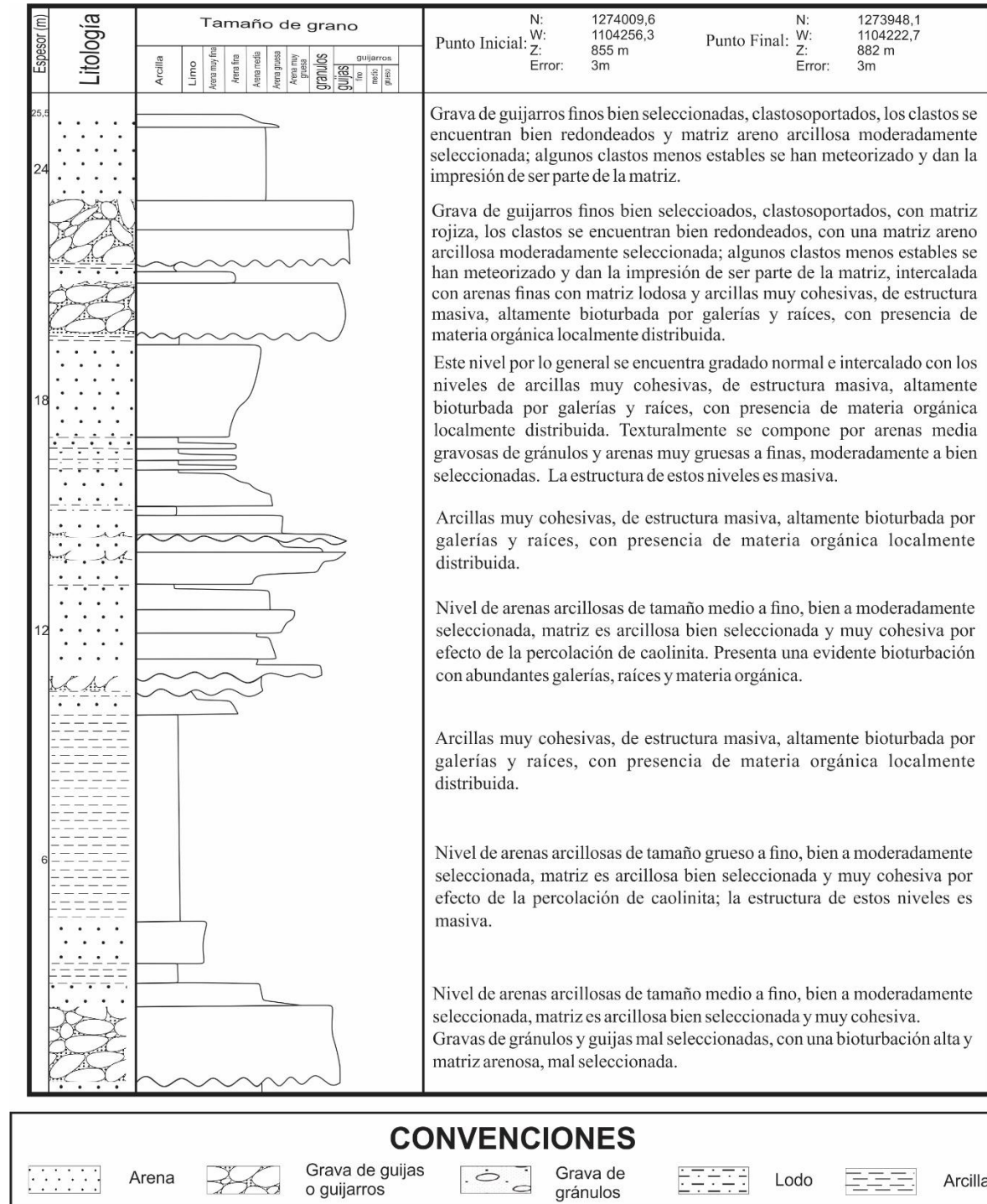


Figura 19: Columna estratigráfica generalizada Sección Ladrillera No 2

7.1.6 Columna Ladrillera No 5

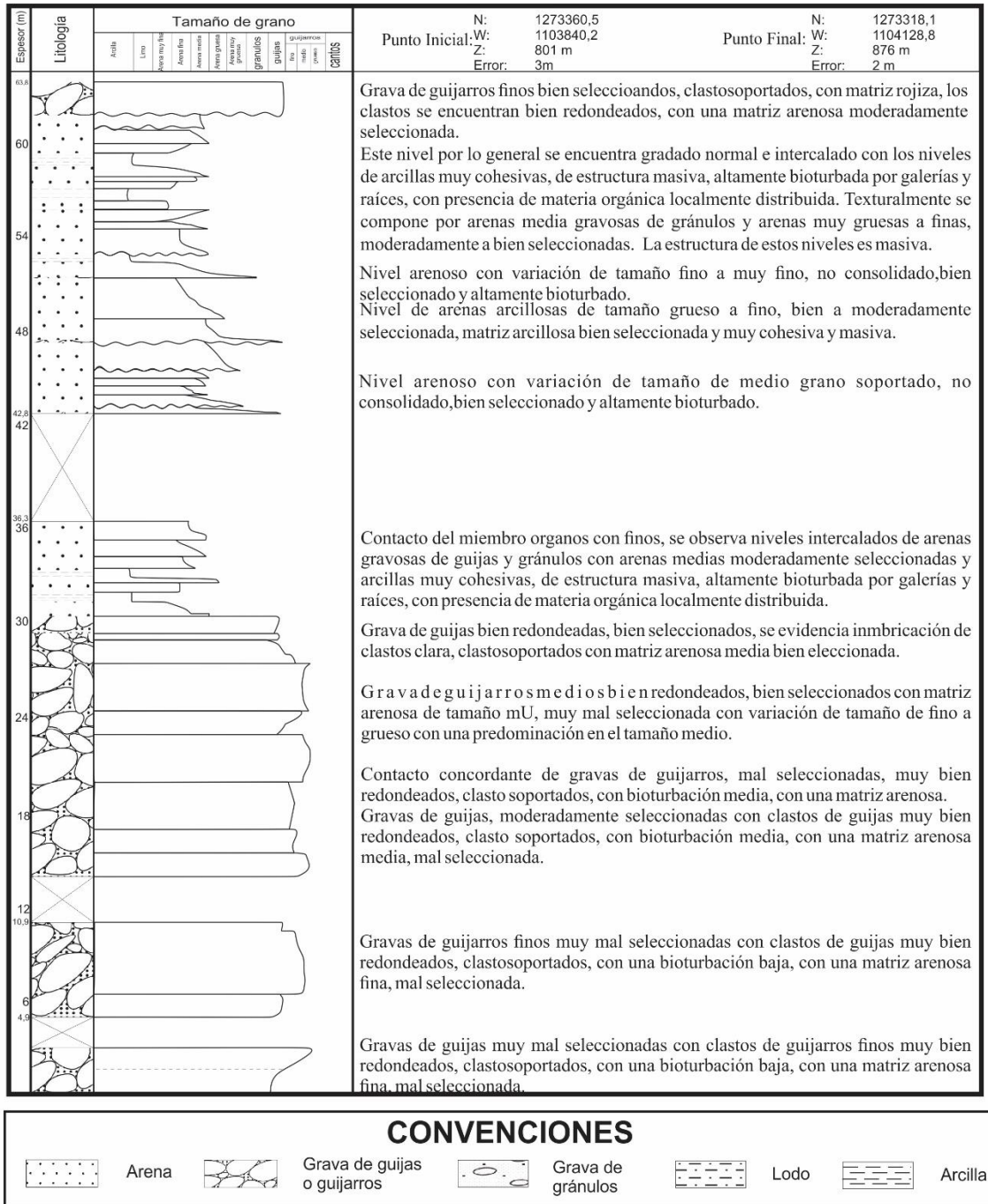


Figura 20: Columna estratigráfica generalizada Sección Ladrillera No 5

7.1.7 Columna Ladrillera No 6

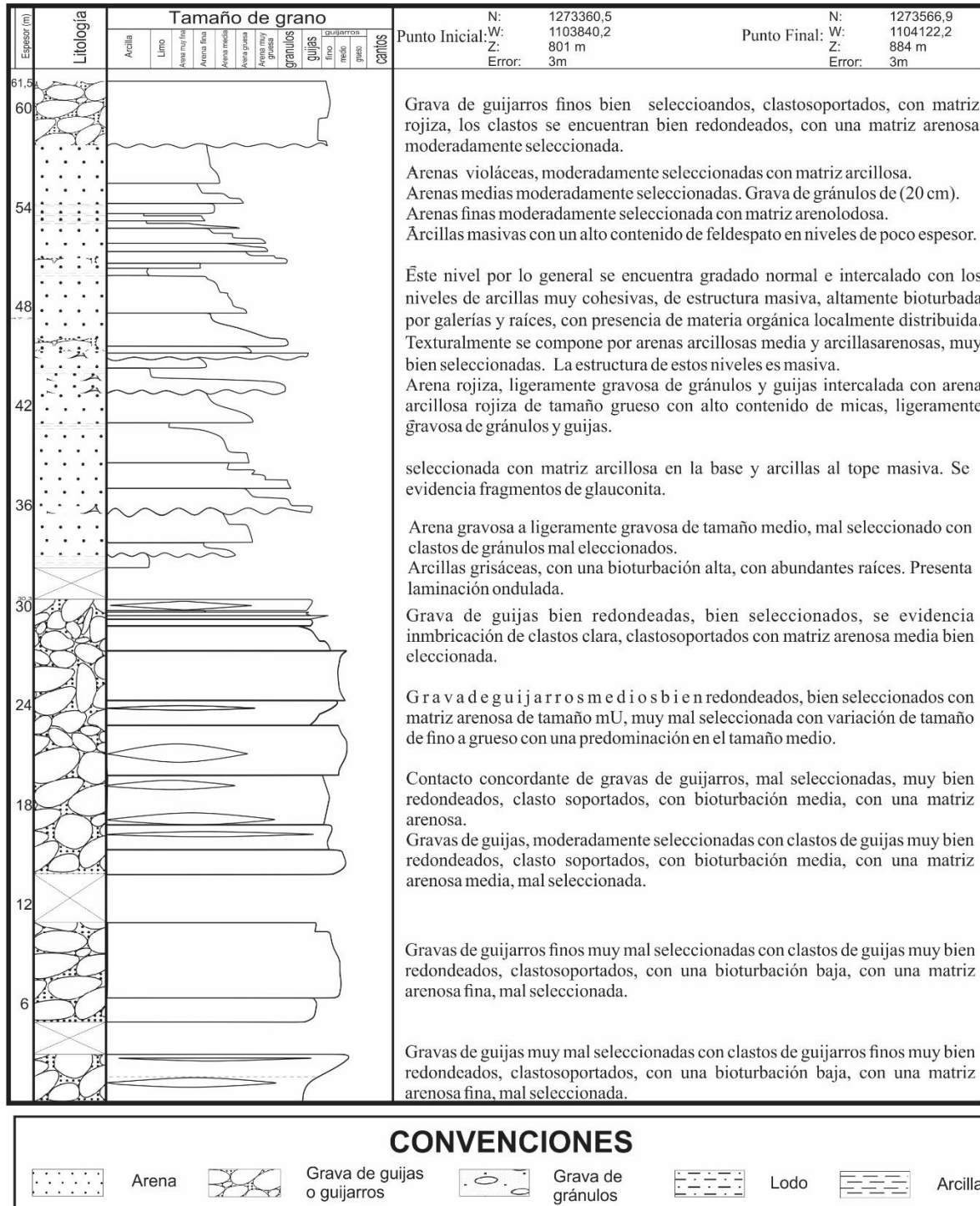


Figura 21: Columna estratigráfica generalizada Sección Ladrillera No 6

7.1.8 Columna Ladrillera No 7

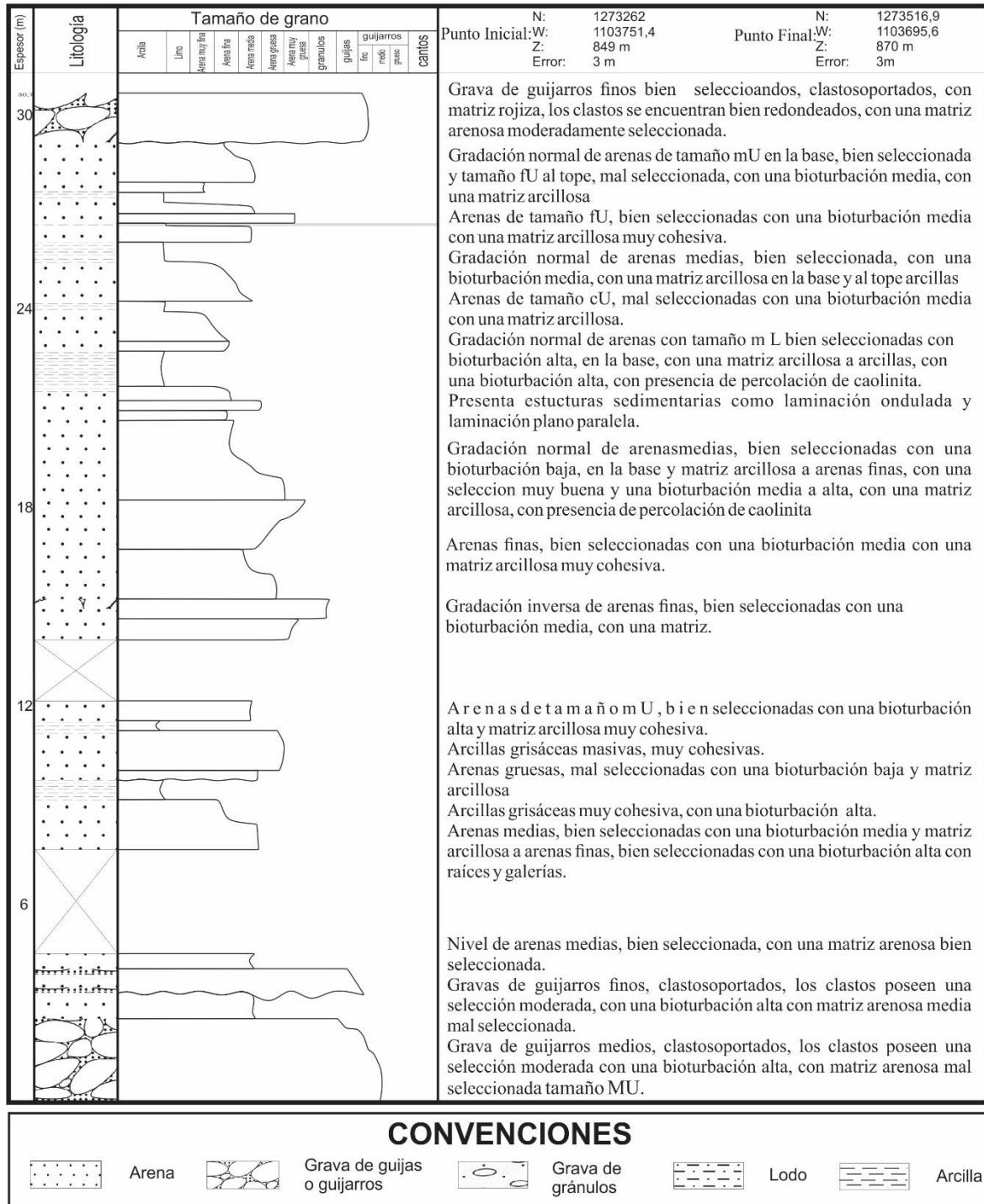
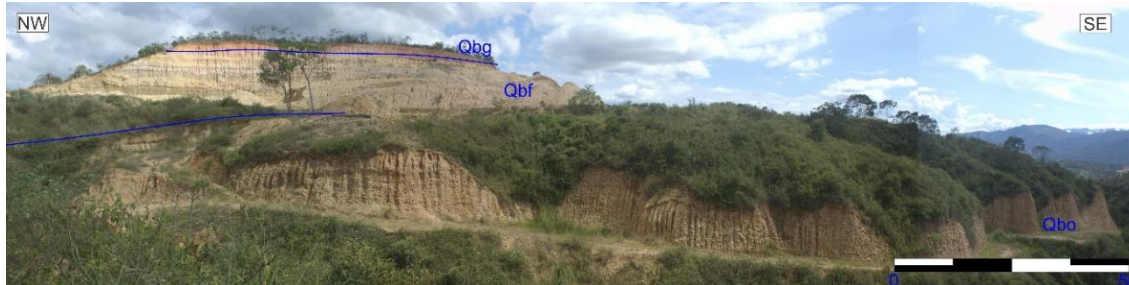


Figura 22: Columna estratigráfica generalizada Sección Ladrillera No 7

## 7.2 Caracterización Sedimentológica de los Miembros de la Fm. Bucaramanga

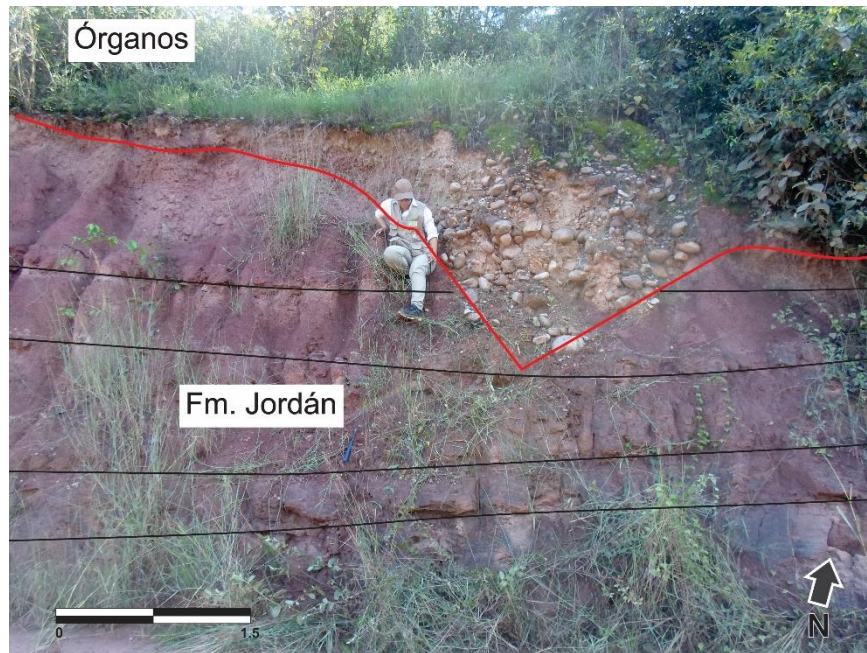
El espesor de total levantado de la Fm. Bucaramanga es de 163 metros, en los cuales se caracterizan el Miembro Órganos (Qbo), Finos (Qbf) y Gravoso (Qbg) (Figura 23; **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**), estos miembros exhiben las siguientes características:



*Figura 23: Panorámica de los miembros Órganos (Qbo), Finos (Qbf) y Gravoso (Qbg) en los predios de la ladrillera Bautista Cáceres. El espesor promedio de la imagen es 50 m y se observa en la panorámica la columna Ladrillera No 5.*

### 7.2.1 Miembro Órganos:

Es el miembro de mayor espesor en la zona de estudio, con un espesor total de 135 m medidos en base a las columnas estratigráficas levantadas (Figura 14). El contacto es inconforme con las rocas sedimentarias que lo infrayacen, esto se evidencia en la vía Rivieras del Rio- Vereda Llanadas (Figura 18; Figura 24), donde se observa un canal del miembro Órganos en dirección N-S el cual pone en contacto erosivo la Fm Jordán con la Fm Bucaramanga. El contacto es gradacional con el miembro que lo suprayace (Figura 25).



*Figura 24: Contacto erosivo entre la Fm Jordán y un canal de la Fm Bucaramanga en dirección N-S (aquí se levantó la Figura 18: Columna estratigráfica generalizada Sección Canal).*

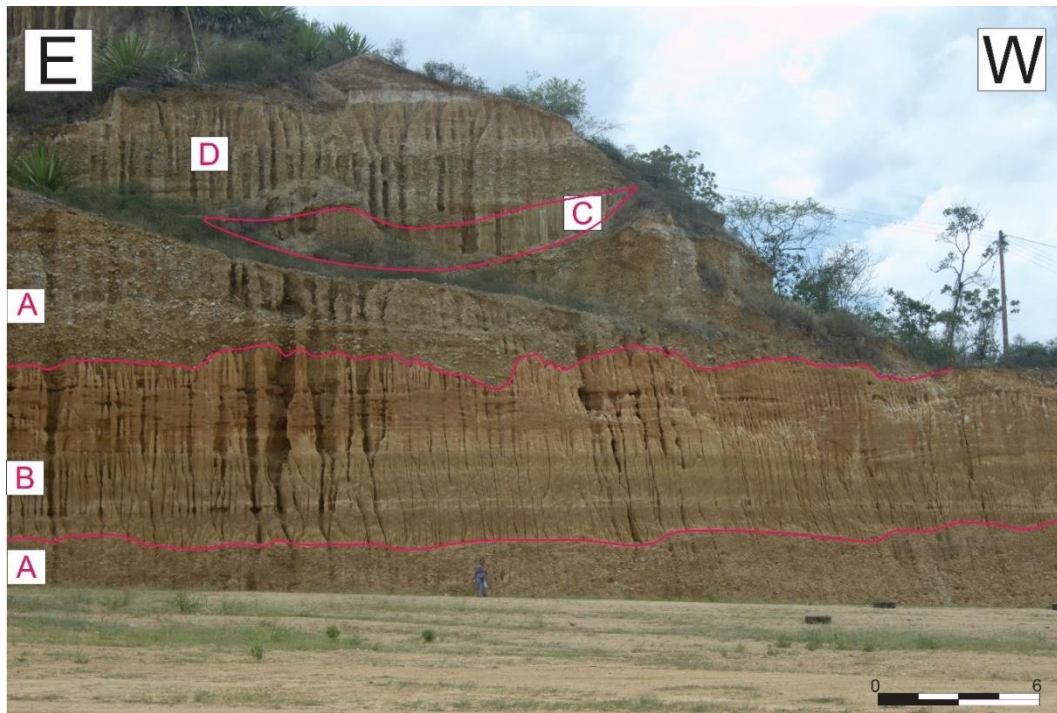


*Figura 25: Contacto Miembro Órganos-Miembro Finos. Variación lateral de Facies gravosas a arenosas. Secuencia finaliza en paleosuelo y hacia el tope disminuye la granulometría de los sedimentos.*

Se conforma por depósitos de gravas de guijas y guijarros de moderado a mal seleccionados, muy bien redondeadas, clastosoportadas, con una bioturbación baja a alta y matriz arenosa a arenolodosa mal seleccionada. Estos depósitos se encuentran interdigitados con capas con espesor variable de arenas a arcilla que se depositan con geometría tabular o lenticular. (Figura 26, Figura 15, Figura 16, Figura 17, Figura 18, Figura 20, Figura 21 y Figura 22)

Las gravas se disponen en capas sub horizontales y localmente presentan estructuras de imbricación. Se midieron datos de paleocorrientes en canales con dirección N-S (Figura 24; **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**) y en planos de imbricación con dirección SW-NE y SE-NW (Figura 31, Figura 32, Figura 35 y Figura 36). Según la composición de los clastos se clasifican como gravas de guijas y guijarros polimícticos con el siguiente promedio de clastos: Rocas Metamórficas: 30%, Arenitas Blancas: 22%, Sedimentarias Rojas: 14%, Granito y riolita: 14%, Arenitas Glauconíticas: 8%, Sedimentarias Blancas Finas: 5%, Chert: 4% y Cuarzo: 3%. (Tabla 8)

Los bancos finos se depositan como capas o lentes (Figura 26; **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**) y corresponden a arenas arcillosas feldespáticas, bien seleccionadas, y gradaciones normales e inversas de gravas de guijas y guijarros a arcillas. Las arenas se disponen con estructura masiva o laminación plano-paralela principalmente. La bioturbación es media a alta principalmente de galerías y raíces.



*Figura 26: Miembro Órganos de la Fm Bucaramanga en el sector Rincón de Girón. Donde A) Corresponde a grava de guijarros clastosoportadas, matriz arena lodosa cortado por niveles con geometría acanalada (C), este depósito deja como evidencia superficie erosiva en el tope de la descripción B. B) Ciclos con gradación normal de arenas guijarrosas a arcillas, en el tope se observan estructuras de laminación, probablemente plano paralela. C) Relleno de canal con sedimentos Arenolododos. D) Secuencia granodecreciente de Grava de guijarros clastosoportadas a arcillas arenosas.*

### **7.2.2 Miembro Finos**

El espesor de este miembro varía de 13 a 31 m. (Figura 27) Solo aflora en las secciones levantadas en la Ladrillera Bautista Cáceres. El contacto con el miembro que lo infrayace es gradacional (Figura 25) y erosivo con el miembro Gravoso.



Figura 27: Panorámica de los miembros: Finos (Qbf), Gravoso (Qbg). En los predios de la ladrillera Bautista Cáceres, vista hacia el frente No.4 San Marcos.

Se caracteriza por presentar niveles con gradación normal y en menor porcentaje niveles agradacionales de arenas feldespáticas con alta permeabilidad, cuya granulometría varía de arenas granulosas a arenas muy finas, en menor proporción niveles de poco espesor de lodos, arcillas y grava de guijas clastosoportadas de menos de 4 cm. Este miembro presenta alta bioturbación con desarrollo local de materia orgánica y secuencias agradacionales, con gradación normal e inversa limitadas por paleosuelos y superficies de contacto neto y erosivo.

En este miembro se diferencian cuatro niveles (Figura 28; **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, Figura 19, Figura 20, Figura 21 y Figura 22).

- Nivel Arcilloso: Arcillas muy cohesivas, de estructura masiva, laminación plano-paralela o laminación ondulosa. Las tonalidades predominantes son gris oscura, rojiza u ocre. Nivel altamente bioturbado por galerías y raíces. Hay presencia de materia orgánica localmente distribuida y percolación de caolinita proveniente de los niveles que lo suprayacen

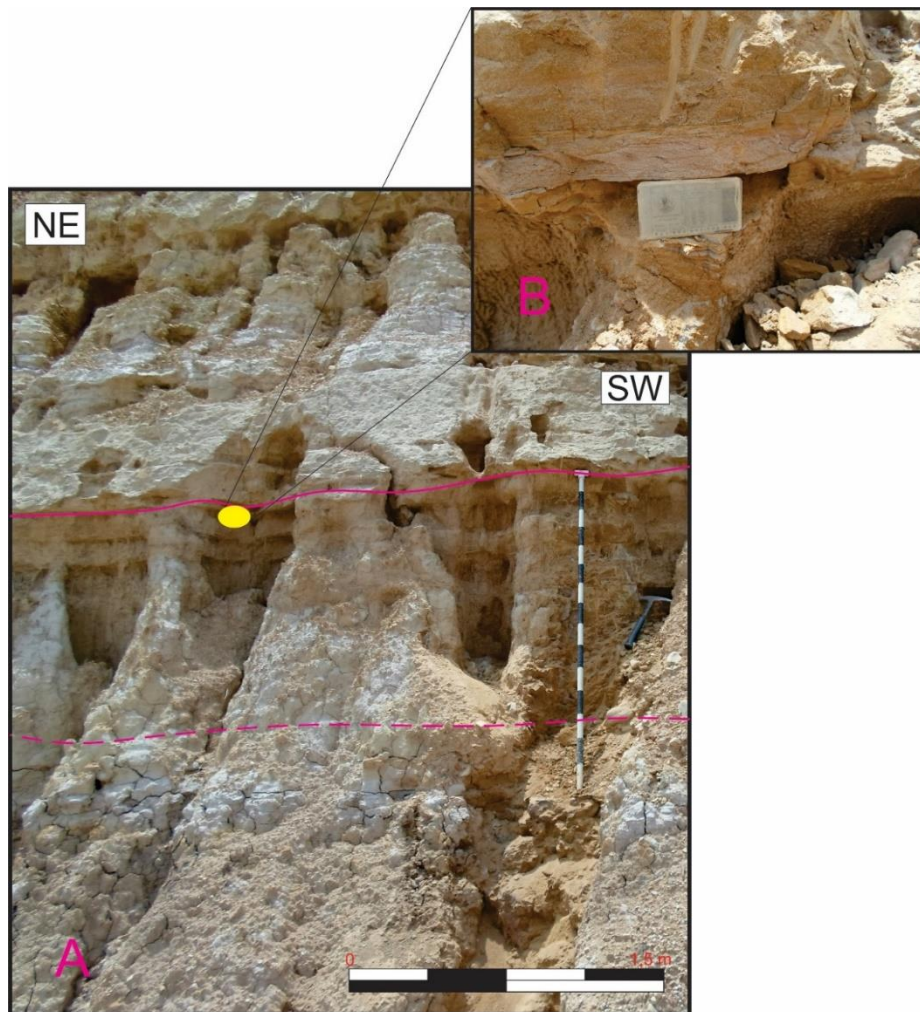


Figura 28: Miembro finos en el Bastón 25 y 26 de la Columna Ladrillera No 5. A) Secuencia granodecreciente de Arena con estructura masiva y laminación plano-paralela a Arcilla Masiva Grisácea. La línea punteada representa una superficie de erosión que pone en contacto arcillas con gradación normal de arenas granulosas a Arena muy fina. B) Secuencia granodecreciente de arena granulosa a Arcillolita. En la base 10 cm de facie heterolítica de Limo intercalado con Arena fina y laminación plano-paralela.

- Nivel Arcilloarenoso: Arcillas arenosas muy cohesivas con estructura masiva. La tonalidad es gris verdosa localmente oxidada. Texturalmente el contenido de Arcilla y Arena varia,

siendo predominante la relación de Arcilla: Arena 90:10. Se evidencia alta bioturbación, percolación de caolinita y materia orgánica localmente distribuida

- Nivel Arenoso: Este nivel por lo general presenta gradación normal y se intercala con los niveles mencionados anteriormente. Texturalmente se compone por arenas granulosas tamaño de grano medio y arenas finas a muy gruesas. La estructura de estos niveles es masiva, laminada plano paralela, ondulosa y cruzada. El color varía de pardo claro a oscuro y ocre, está localmente oxidada, especialmente hacia el contacto con el miembro Gravoso.
- Nivel Arenoarcilloso: Nivel de arenas arcillosas de tamaño medio a muy fino, bien a moderadamente seleccionado, presenta una matriz arcillosa bien seleccionada y muy cohesiva por el alto contenido de arcilla y la percolación de caolinita. La estructura de estos niveles es masiva o laminación plano-paralela y ondulosa. Presenta una evidente bioturbación con abundantes galerías, raíces y materia orgánica. Este nivel tiene las siguientes variaciones en el tono: a) Pardo claro en la base a rojizo o violáceo en el tope.  
b) Gris verdoso en la zona media, caracterizado por tener un alto porcentaje de arcilla

### **7.2.3 Miembro Gravoso:**

El espesor de este miembro es de 5,5 m. El contacto con el Miembro Finos es erosivo y presenta su mayor espesor en la Figura 34: Columna estratigráfica Ladrillera No 2. Incluye litofacies, estructuras sedimentarias y variación composicional de clastos en el miembro Gravoso.

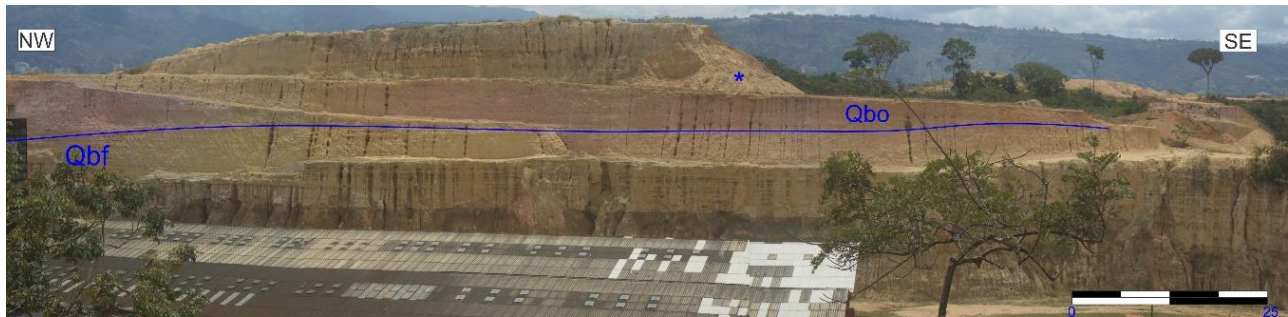
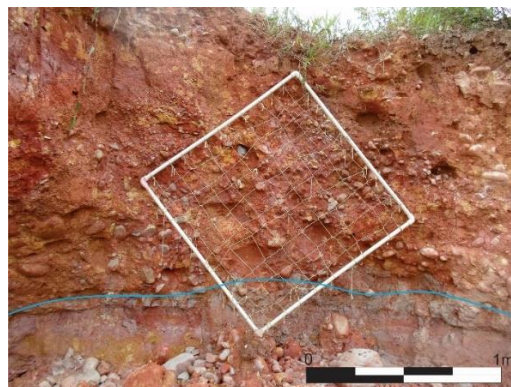


Figura 29: Panorámica de los miembros. De base a techo: Finos (Qbf), Gravoso (Qbg). En los predios de la ladrillera Bautista Cáceres, vista hacia la columna Ladrillera No 2. Donde \* corresponde a material removido

Se conforma por intercalaciones de gravas de guijas y guijarros mal seleccionadas, clastosoportadas con clastos bien redondeados a subredondeados y matriz arenosa de tamaño fino a medio moderadamente seleccionada de color rojizo (Figura 29; **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**); presenta intercalaciones con niveles de arenas con granulometría arena gruesa a fina y con niveles con gradación normal de arena gruesa a arcilla. La bioturbación en todo el miembro es muy alta principalmente por raíces y galerías. El alto nivel de oxidación y posibles cambios en el paleo clima dan apariencia matriz soportada, producto de la alteración y meteorización de los clastos menos estables (Figura 30, Figura 19, Figura 20, Figura 21 y Figura 22).



*Figura 30: Miembro Gravoso, en la base nivel arenoso sobreyacido por superficie erosiva y gravas de guijas y guijarros*

Las gravas se disponen en capas sub horizontales, no se evidencia estructuras de imbricación. Según la composición de los clastos se clasifican como gravas de guijas y guijarros Olimícticos con el siguiente promedio de clastos: Arenitas Blancas: 69%, Arenitas Glauconíticas: 20%, Rocas Metamórficas: 9%, Granitos y Riolitas: 2%, Sedimentarias Rojas: 1% (Tabla 9, Figura 19, Figura 20 y Figura 21).

Los bancos finos se depositan como capas o lentes y corresponden a arenas arcillosas feldespáticas, bien seleccionadas. En la Figura 19 se observan gradaciones normales de arena fina a arcilla.

### 7.3 Facies Sedimentarias

Se describieron 9 litofacies sedimentarias, las cuales fueron agrupadas de acuerdo con su textura y sus estructuras sedimentarias (Tabla 4). Los códigos de facies se nombraron según la metodología implementada por Miall, (1977).

Tabla 4

*:Litofacies, descripción e interpretaciones,*

<b>Facies según Miall, (1977)</b>	<b>Descripción</b>	<b>Interpretación de Facies</b>
Gch	Grava arenosa clasto soportada con imbricación de clastos, clastos sub redondeados a muy bien	Flujo turbulento o laminar confinado o no confinado en canales. La geometría es lenticular y tabular. Comúnmente intercalados con arenas

<b>Gc</b>		redondeados, matriz arenosa a areno arcillosa.	de menor espesor tabulares y lenticulares (Miall,1977).
	<b>Gcm</b>	Grava arenosa clasto soportada, clastos redondeados a muy bien redondeados, matriz areno arcillosa.	
<b>Sh</b>		Arena lodosa, localmente gravosa con laminación plano-paralela continua o difusa	Régimen de flujo moderado a alto, laminar, unidireccional y turbulento. Puede depositarse en lechos planos o Eventos dinámicos únicos, como inundaciones. (Miall, 1996).
<b>Sr</b>		Arena lodosa, con algunos niveles ligeramente gravosos y laminación ondulada paralela continua o difusa	Régimen de flujo moderado donde hay mezcla de material con granulometría gruesa a fina y régimen de flujo bajo en arenas de granulometría fina y bien seleccionada; caracterizados por migraciones laterales de formas onduladas en condiciones de corrientes oscilatorias y unidireccionales. (Miall, 1977; Miall, 1996)
<b>Sm</b>		Niveles de Arena, Arena lodosa o Arena ligeramente gravosa masiva.	Depósitos de alta energía generados por dispersión en flujos concentrados; también puede ser producida por un evento post deposicional por intensa actividad biogénica (animal y vegetal), deshidratación o meteorización, etc. (Miall, 1977)
<b>Sp</b>		Arena media a fina con laminación cruzada	Migración lateral de cuerpos arenosos en regímenes de flujo unidireccionales con energía moderada a alta. Las litofacies se forman por la migración de dunas 2-D con transporte intermitente por tracción o suspensión. (Miall, 1977; Miall, 1996)
<b>Fm</b>		Limo, arcilla y lodo masivo	Régimen de flujo bajo a aguas estancadas. Se genera por la acumulación de partículas en suspensión por acreción vertical. El aspecto homogéneo puede ser producto de meteorización. (Miall, 1977)
<b>Fl</b>		Arcilla con laminación muy fina cruzada, ripples y plano-paralela.	Arena muy fina, limo y arcilla laminadas; representan deposición en suspensión (Acreción vertical) y corrientes de tracción débiles (Acreción lateral). (Miall, 1977).

<b>P</b>	Paleosuelo maduro a Los suelos se forman debido a modificaciones físicas, químicas y biológicas de los sedimentos con desarrollo de costra y rocas de la superficie terrestre (Varela, 2011) parcial o total de costra ferruginosa
----------	--

Nota\*: Metodología de litofacies Tomada de Miall, (1997). Interpretación de facies realizada en base a Arche, (2010); Miall, (1977); Miall, (1996); Varela, (2011)

### 7.3.1 Columnas estratigráficas con Litofacies, Paleocorrientes y distribución en el tiempo de los Clastos.

En las figuras Figura 31, Figura 32, Figura 33, Figura 34, Figura 35, Figura 36 y Figura 37, se puede observar la variación de litofacies sedimentarias, estructuras sedimentarias, dirección de paleocorrientes, la variación composicional de clastos en los niveles gravosos de la Formación Bucaramanga y la ubicación de los clastos analizados macro y microscópicamente.

7.3.1.1 Rincón de Girón.

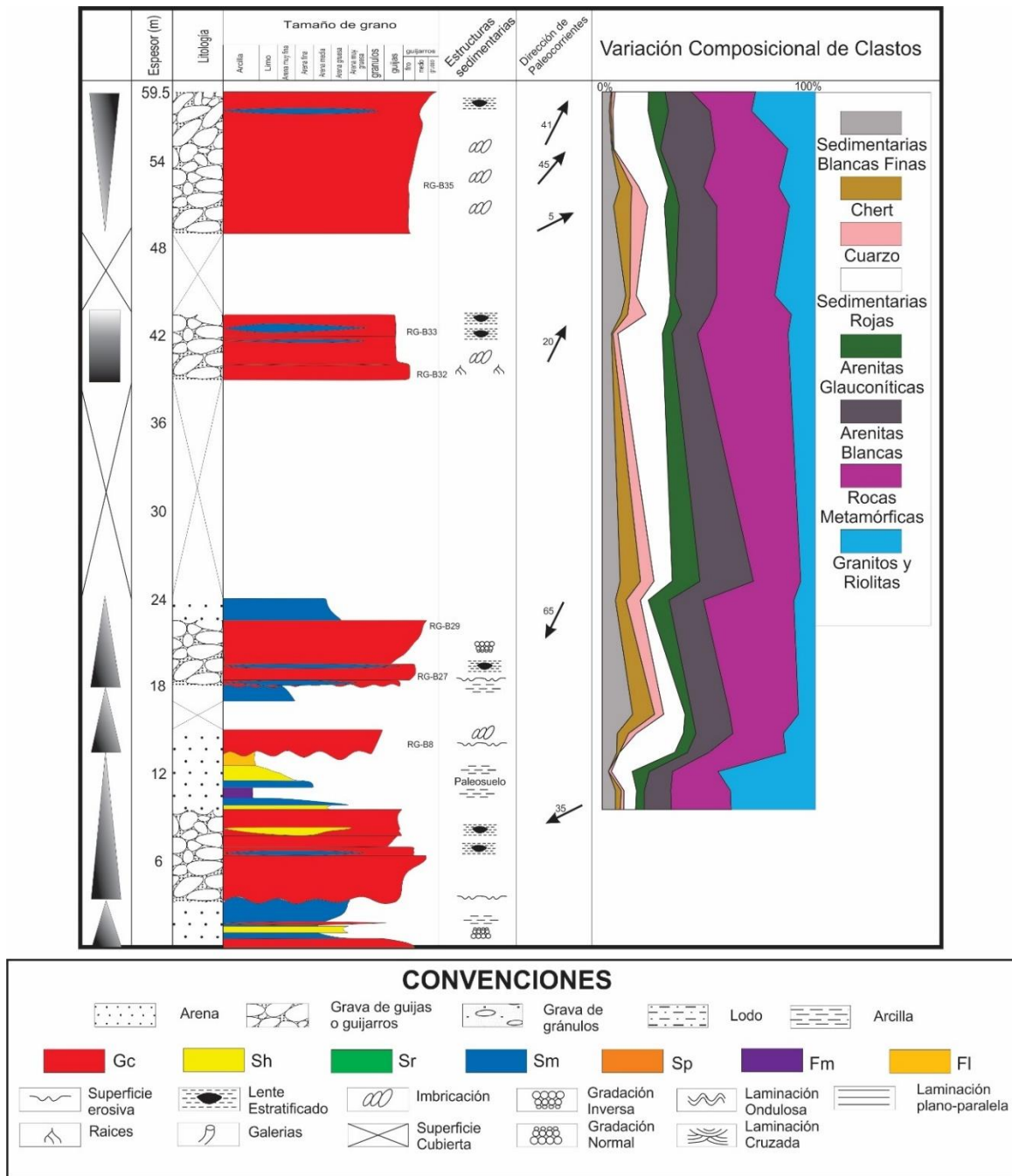


Figura 31: Columna estratigráfica Rincón de Girón. Incluye litofacies, sucesiones de facies, dirección de paleocorrientes, estructuras sedimentarias y variación composicional de clastos en el miembro Órganos.

7.3.1.2 *Cantalá.*

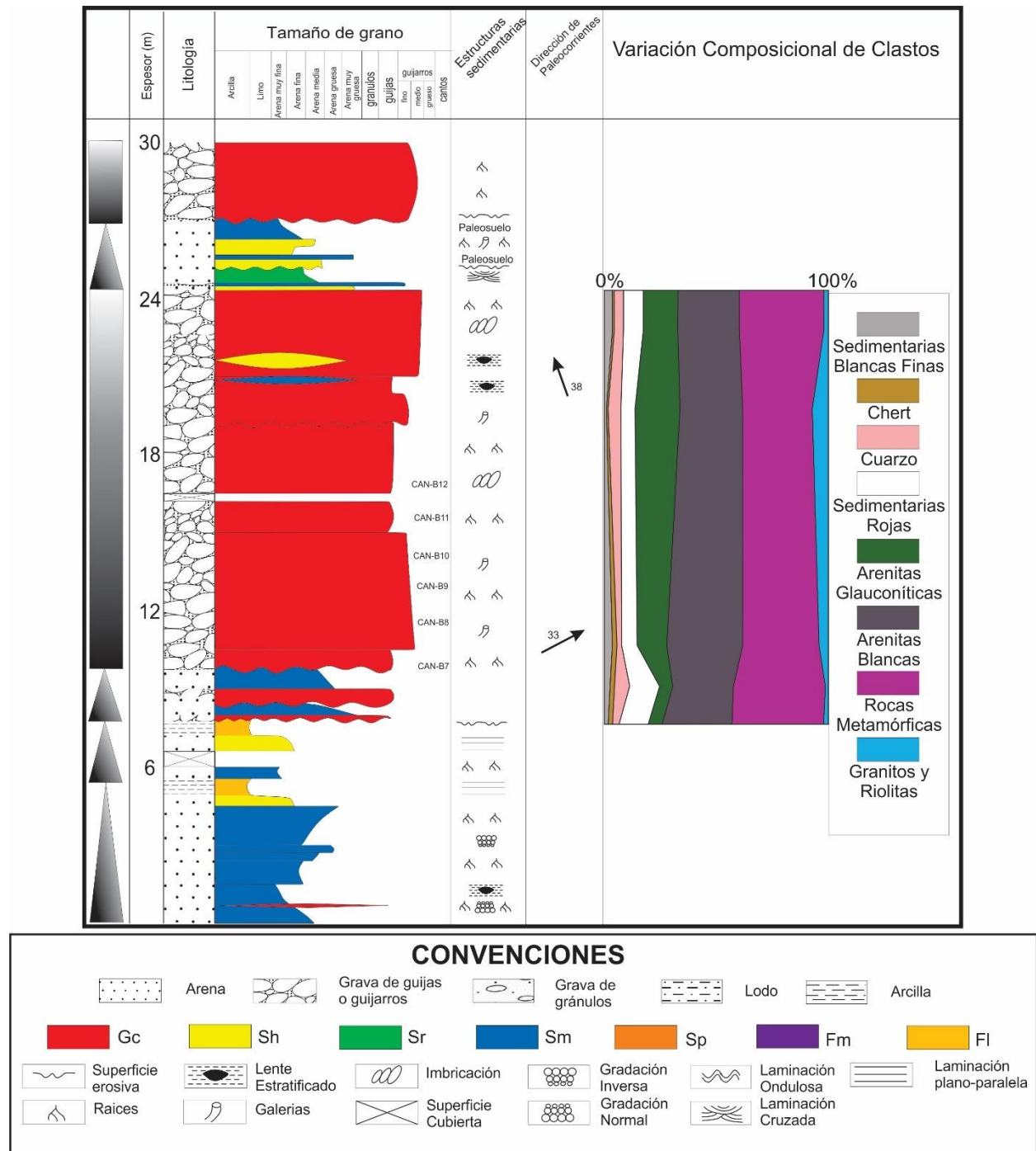


Figura 32: Columna estratigráfica Cantalá. Incluye litofacies, dirección de paleocorrientes, estructuras sedimentarias y variación composicional de clastos en el miembro Órganos.

7.3.1.3 *Obra Girón.*

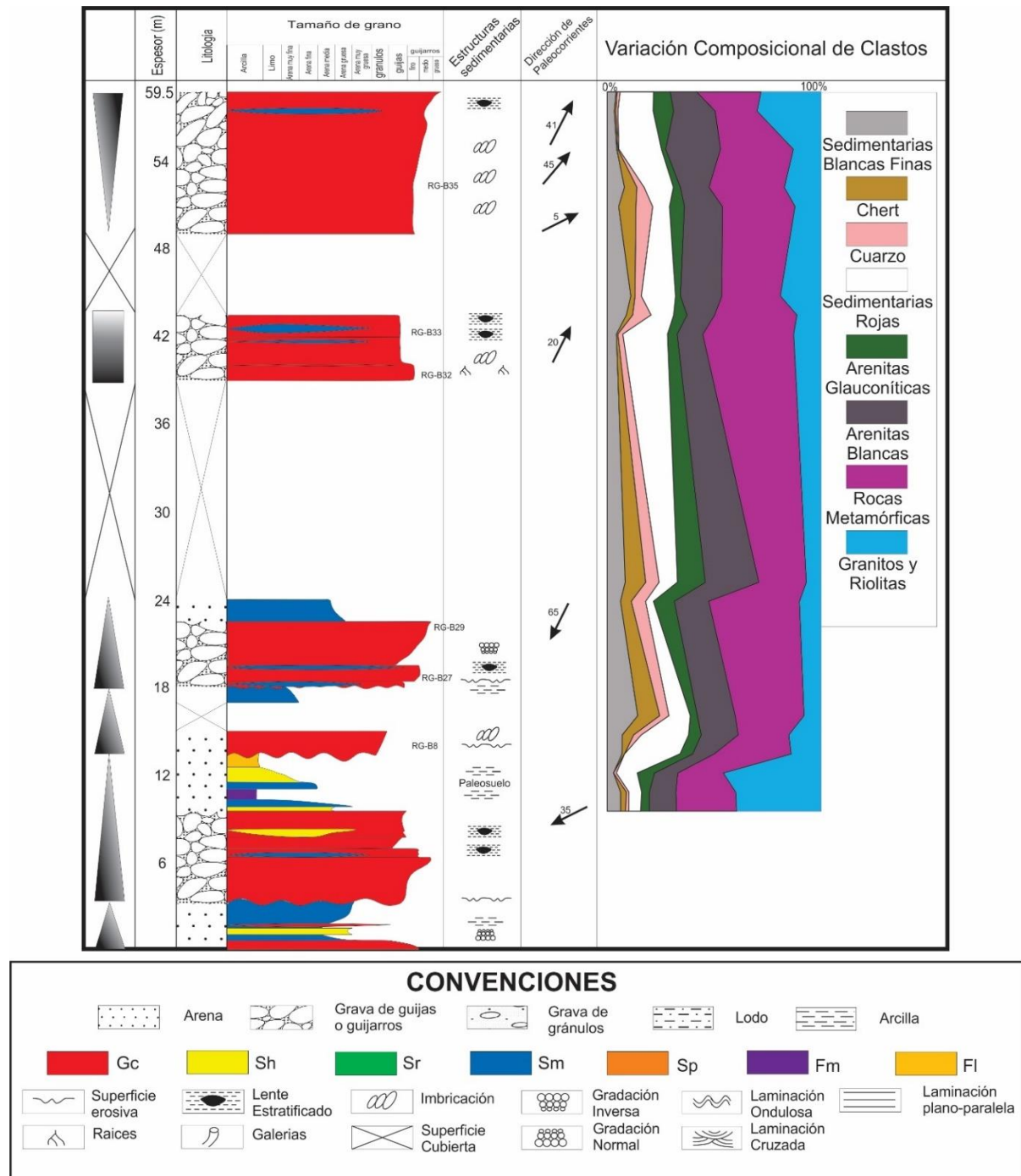


Figura 33: Columna estratigráfica Obra Girón. Incluye litofacies, estructuras sedimentarias y variación composicional de clastos en el miembro Órganos.

7.3.1.4 Ladrillera No 2.

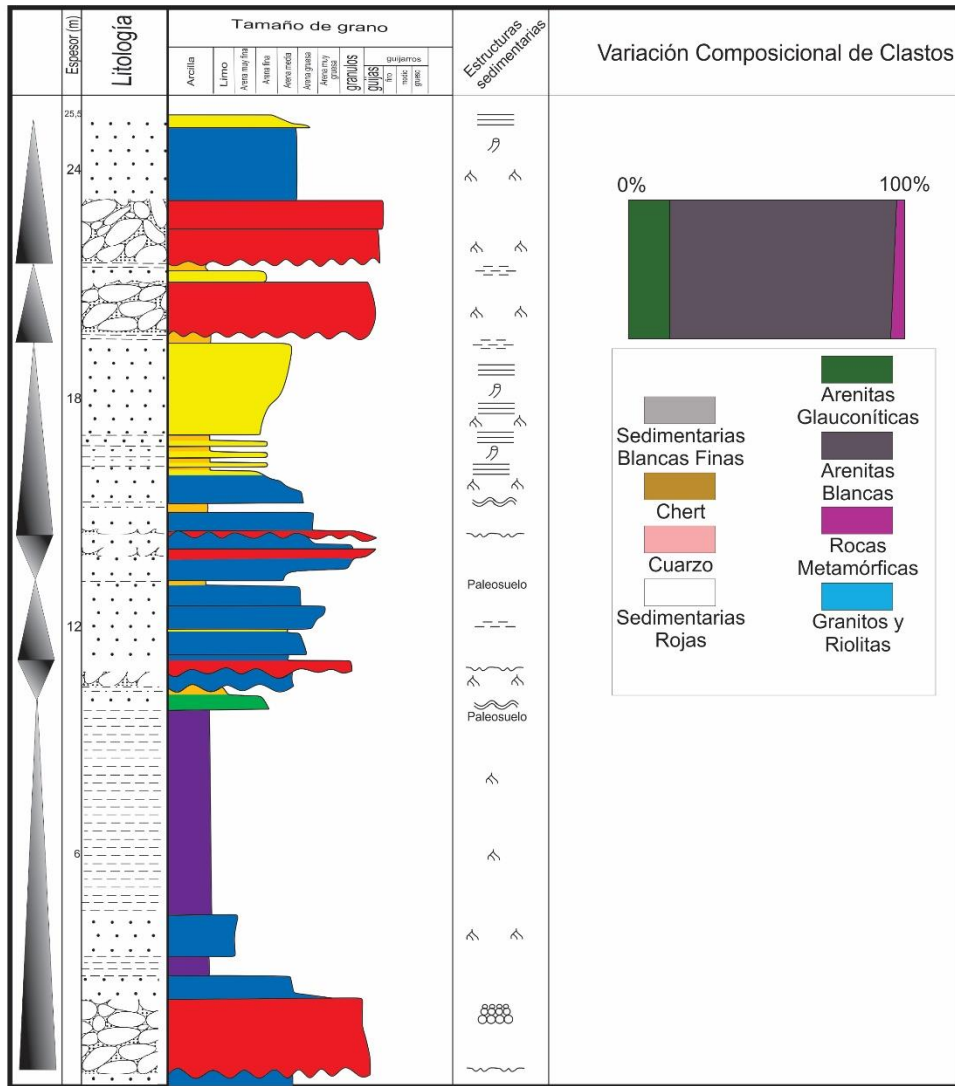


Figura 34: Columna estratigráfica Ladrillera No 2. Incluye litofacies, estructuras sedimentarias y variación composicional de clastos en el miembro Gravoso.

7.3.1.5 Ladrillera No 5.

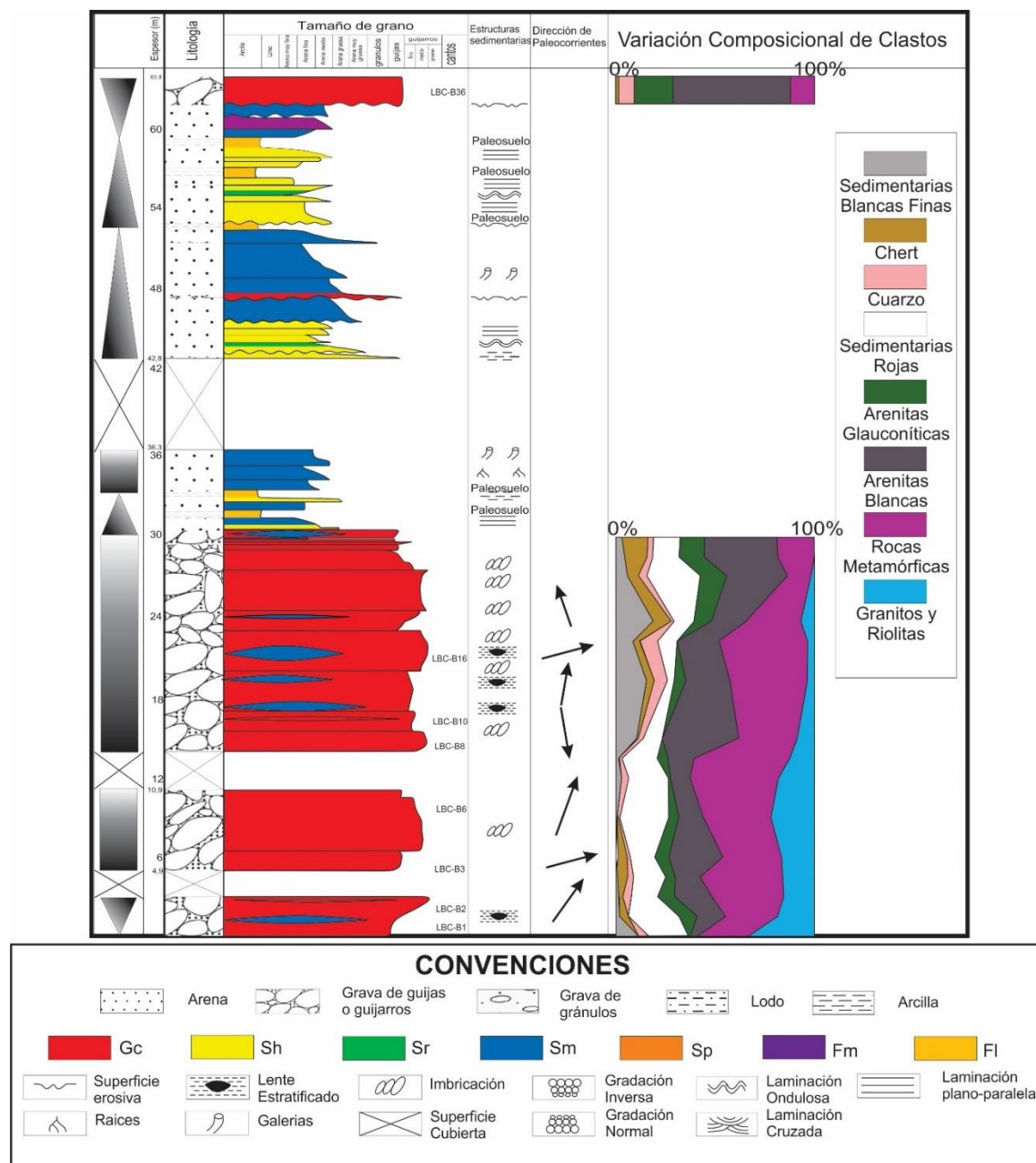


Figura 35: Columna estratigráfica Ladrillera No 5. Incluye litofacies, dirección de paleocorrientes, estructuras sedimentarias y variación composicional de clastos en el miembro Órganos y Gravoso.

7.3.1.6 Ladrillera No 6.

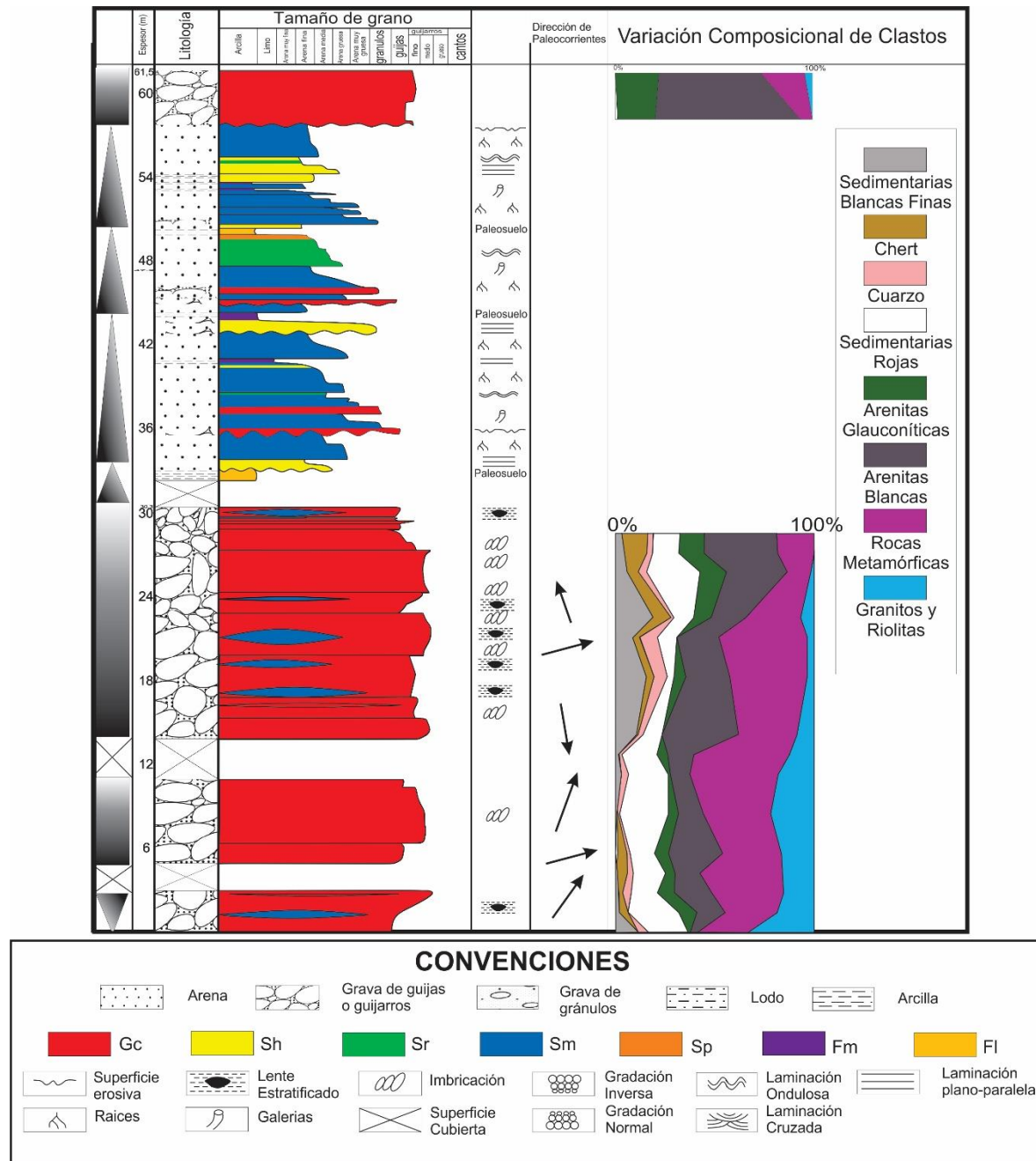


Figura 36: Columna estratigráfica Ladrillera No 6. Incluye litofacies, dirección de paleocorrientes, estructuras sedimentarias y variación composicional de clastos en el miembro Órganos y Gravoso.

7.3.1.7 Ladrillera No 7.

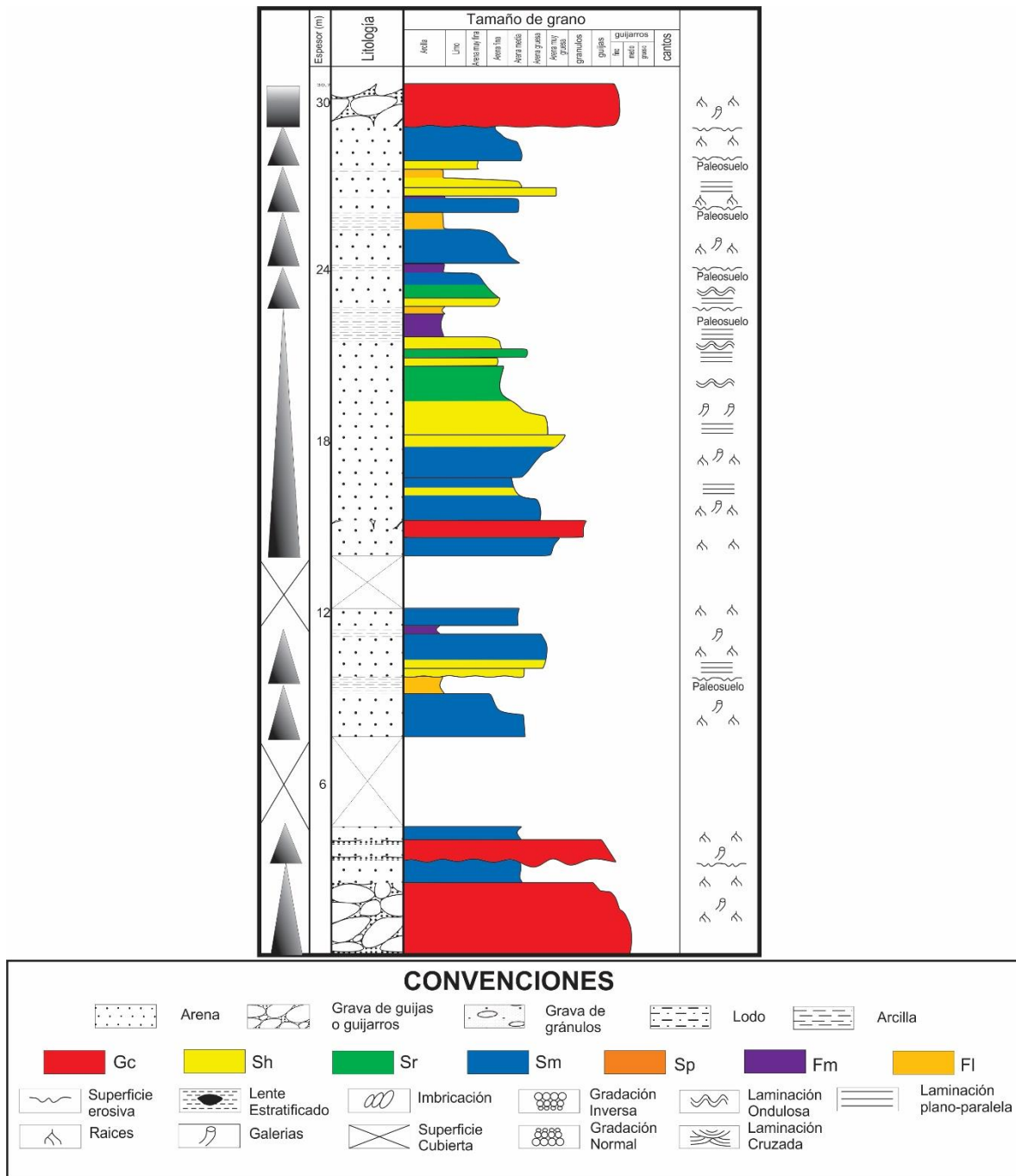


Figura 37: Columna estratigráfica Ladrillera No 7. Incluye litofacies, asociación de Facies y estructuras sedimentarias.

#### 7.4 Composición de las Gravas de la Formación Bucaramanga

En este proyecto se realizaron 44 estaciones de conteo de clastos en la Fm Bucaramanga: Miembros Órganos: 39 y Miembro Gravoso: 5. Los clastos se caracterizaron en 18 clases (Tabla 5), las cuales se agruparon en 8 categorías (Tabla 1). El procesamiento de los datos de conteos en base a estas categorías muestra la variación composicional de los clastos (Figura 31, Figura 32, Figura 33, Figura 34, Figura 35 y Figura 36) en el depósito analizado.

Tabla 5:

*Clastos que componen los miembros Órganos y Gravoso de la Fm Bucaramanga.*

<b>CATEGORIA</b>	<b>B6</b>	<b>B8</b>	<b>B14</b>	<b>B15</b>	<b>B16</b>
<b>Arenita Blanca</b>	28	25	33	22	24
<b>Arenita Glauconítica</b>	6	6	13	20	14
<b>Arenita conglomerática</b>	1	1	2	5	
<b>Arenita conglomerática roja</b>					4
<b>arcosa</b>	2	1		1	
<b>Limo+Arcillas rojas</b>	13	13	7	6	13
<b>Limolita</b>	2	3	4	1	4
<b>Chert</b>	2	2	2	1	1
<b>Riolita Rosada</b>		1			
<b>Granito Rosado</b>			1	2	1
<b>Granito Verde</b>					
<b>Granito Blanco</b>	2		3	5	1
<b>Cuarzo</b>	3	7	2	6	4
<b>Neis</b>	5		6	3	
<b>Ortoneis</b>	26	29	19	18	22
<b>Esquisto</b>	3		2	1	
<b>Filita</b>			1	3	
<b>Cuarcita</b>	7	12	5	6	12
<b>TOTAL</b>	100	100	100	100	100

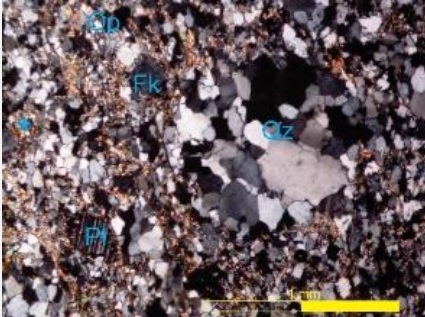
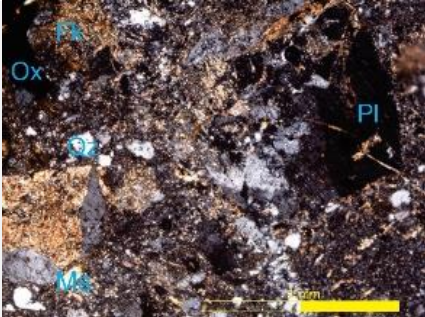
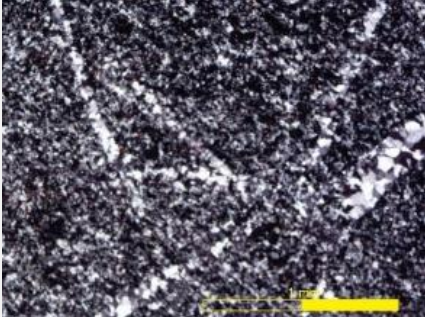
*Nota\*:* En la tabla se observan los conteos realizados en la Sección Cantalá, desde los bastones 6 a 16.

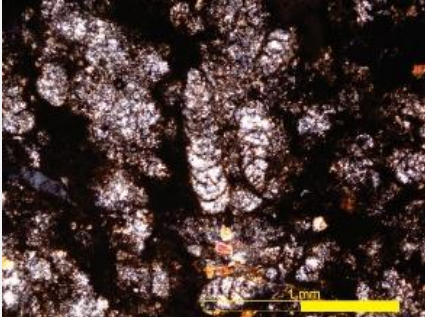
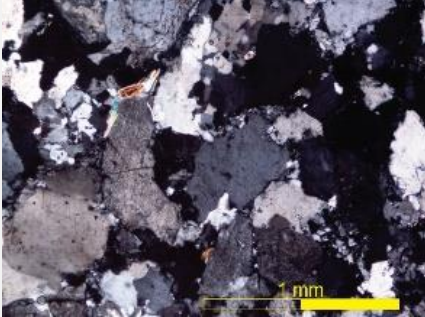
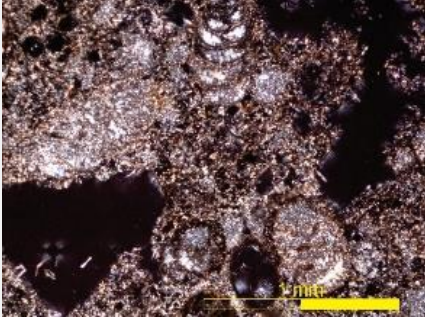
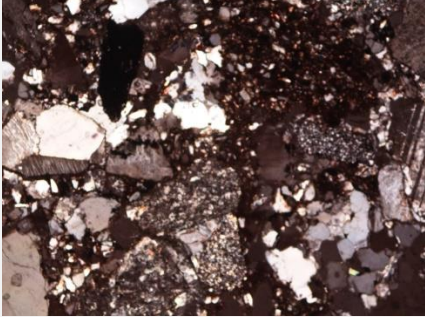
### 7.4.1 Petrografía de gravas


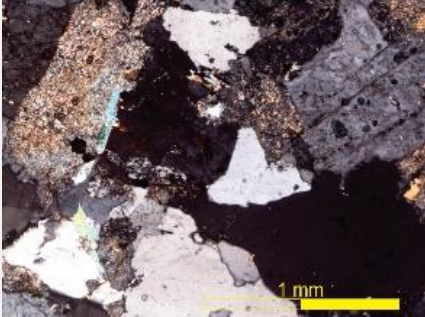
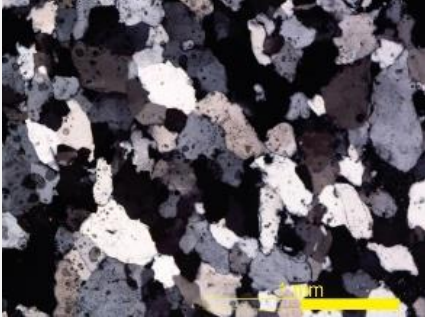
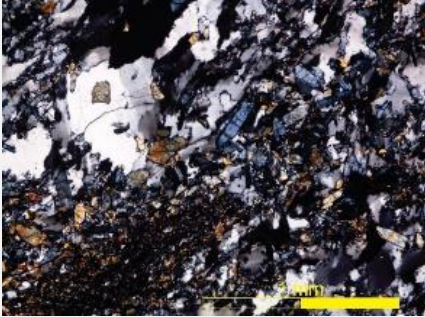
Se analizaron y clasificaron 30 clastos (Tabla 6) de los miembros Órganos y Gravoso de la Fm Bucaramanga, para realizar la clasificación por petrografía convencional macroscópica y/o microscópica y así identificar litologías que indiquen su proveniencia.

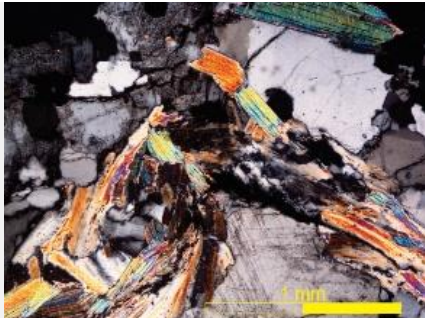
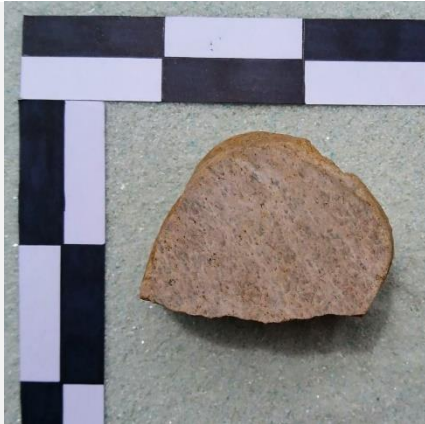


Tabla 6:





*Petrografía de Clastos de la Formación Bucaramanga*



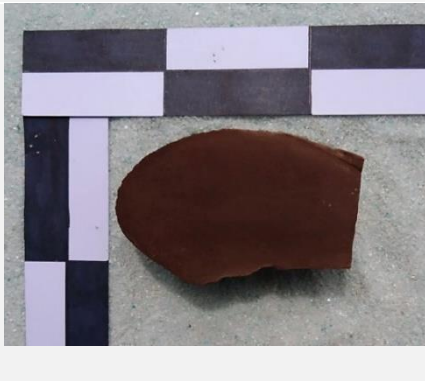

Código	Descripción	Micro/macro	Categoría
RG-B8	Esquisto micáceo	cuarzo 	Rocas Metamórficas
LBC-B3	Riolita		Granito y Riolitas
LBC-B8	Meta-arenita		Rocas Metamórficas





LBC-B2	Chert calcáreo con foraminíferos		Chert
RG-B35	Sienogranito con moscovita		Granito y Riolitas
LBC-B3	Chert calcáreo con foraminíferos		Chert
CAN-B12	Litoarenita		Sedimentarias Rojas




CAN-B11	Cuarzoarenita Glaucónica		Arenisca Glaucónica
CAN-B9	Arcosa		Areniscas Blancas
CAN-B8	Cuarzo arenita Glaucónica		Arenita Glaucónica
CAN-10	Esquisto de cuarzo, epidota y anfíbol.		Rocas Metamórficas

CAN-B9	Cuarzo monzonita con biotita		Granito y Riolitas
LBC-B1	Ortoneis rosado		Rocas Metamórficas
LBC-B6	Arenita Cuarzosa		Areniscas Blancas
LBC-B7	Arenita Cuarzosa con Glauconita		Arenita Glauconítica

LBC-B8	Litoarenita conglomerática roja		Sedimentarias Rojas
LBC-B10	Cuarcita Crema		Rocas Metamórficas
LBC-B16	Chert		Chert
LBC-B16A	Cuarzo arenita conglomerática		Areniscas Blancas

<p>LBC-36</p>	<p>Cuarzo arenita</p>		<p>Areniscas Blancas</p>
<p>CAN-B7</p>	<p>Intercalación chert y arcillolita/porcelanita</p>		<p>Chert</p>
<p>CAN-B9<sub>1</sub></p>	<p>Arenita roja grano fino</p>		<p>Sedimentarias Rojas</p>
<p>CAN-B9<sub>2</sub></p>	<p>Ortoneis Rosado</p>		<p>Rocas Metamórficas</p>

CAN-B10	Conglomerado		Areniscas
CAN-B12 <sub>1</sub>	Arenita conglomerática roja		Sedimentarias Rojas
CAN B12 <sub>2</sub>	Granito		Granito y Riolitas
RG-B27	Ortoneis rosado		Rocas Metamórficas

RG-29	Esquisto micáceo		Rocas Metamórficas
RG-32	Lodolita Roja		Sedimentarias Rojas
RG-33	Granito		Granito y Riolitas

*Nota:* \* Descripción petrografía de clastos en **Apéndice B**.

#### 7.4.2 Indicadores de proveniencia

En base a la petrografía de clastos (Tabla 6) y las unidades geológicas reportadas en las cuencas adyacentes a la zona de estudio reportadas por Ward *et al.* (1973<sub>1</sub>) (Figura 11, Figura 12), se determinó la relación de los clastos indicadores de proveniencia con las posibles áreas fuente de los sedimentos que conforman el deposito analizado (Tabla 7).

Tabla 7:

*Correlación de las categorías indicadoras de proveniencia, la posible área fuente de sedimentos y la petrografía de clastos obtenidos en el presente informe.*

<b>Categorías indicadoras de proveniencia</b>	<b>Aporte de Sedimentos</b>		<b>Código de muestra</b>
	Cuenca Maracaibo	Cordillera Oriental	
	Unidades Geológicas		
<b>Sedimentarias Blancas Finas</b>		Formación Umir Formación Tambor Formación Jordán	
<b>Chert</b>	Formación la Luna Formación Chipaque	Formación la Luna	CAN-B7 LBC-B2 LBC-B3 LBC-B16
<b>Arenitas Glaucóníticas</b>	Formación Aguardiente Formación Tibú- Mercedes		CAN-B8 CAN-B11 LBC-B7
<b>Arenitas Blancas</b>	Formación Aguardiente Formación Rio Negro Formación Tibú- Mercedes	Formación Tambor	CAN-B9 CAN-B10 LBC-B6 LBC-B16A LBC-36
<b>Sedimentarias Rojas</b>		Formación Girón Formación Jordán	CAN-B9 CAN-B12

		CAN-B12 <sub>1</sub>
		LBC-B8
		RG-B32
<b>Granitos y Riolitas</b>	Grupo plutónico de Santander	CAN-B9
		CAN-B12 <sub>2</sub>
		LBC-B3
		RG-B33
		RG-B35
<b>Rocas metamórficas</b>	Macizo de Floresta	CAN-B9 <sub>2</sub>
	Ortoneis	CAN-B10
	Esquistos de Silgara	LBC-B1
	Neis de Bucaramanga	LBC-B8
		LBC-B10
		RG-B8
		RG-B27
	RG-B29	

*Nota:* \* Área aporte de sedimentos Tomado de Ward *et al.*, 1973<sub>1</sub>

### 7.4.3 Distribución de las Gravas en la Formación Bucaramanga.

La variación composicional de los clastos que componen los miembros Órganos y Gravoso de la Fm Bucaramanga indican que el sistema que transporto estas gravas incidió sobre unidades ígneas, sedimentarias y metamórficas en un mismo periodo de tiempo, lo anteriormente mencionado se evidencia en las Figuras: Figura 31, Figura 32, Figura 33, Figura 34, Figura 35 y Figura 36, las

cuales no reflejan un cambio significativo, que lleve a pensar una modificación sistemática en la fuente principal de sedimentos. Por ejemplo el miembro Órganos en la sección Cantalá (Figura 32), presenta una disminución importante en los clastos pertenecientes al Grupo Plutónico de Santander y en la base de la Ladrillera No 5 y Ladrillera No 6 (Figura 35 y Figura 36) es casi ausente el aporte de sedimentos de la categoría Arenitas Blancas y Arenitas Glauconíticas.

Aun así, en términos generales todas las categorías indicadoras de proveniencia tienen representatividad estadística en los depósitos gravosos del miembro Órganos (Tabla 8). Esta representatividad se enmarca por un predominio en los clastos de las categorías Rocas Metamórficas y Arenitas Blancas, seguido por clastos pertenecientes a Granitos y Riolitas, Sedimentarias Rojas y Arenitas Glauconítica. Las gravas de Chert, Cuarzo y Sedimentarias blancas finas se presentan en un bajo porcentaje, con incidencia en todo el depósito.

Tabla 8:

*Porcentaje promedio de categorías indicadoras de proveniencia en el miembro Órganos*

<b>Categorías indicadoras</b>	<b>Porcentaje</b>	<b>Categoría</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>Sedimentarias Blancas Finas</b>	5	Arenitas Blancas	22
<b>Chert</b>	4	Sedimentarias Rojas	14
<b>Arenitas Glauconítica</b>	8	Granitos y Riolitas	14
<b>Cuarzo</b>	3	Rocas Metamórficas	30

La distribución de gravas en el miembro Gravoso (Tabla 9) presenta un predominio de arenitas blancas del 68%, seguido por arenitas glauconíticas con 20% y Rocas metamórficas del 9%, se presentan porcentajes inferiores al 2% de Granitos y riolitas y Sedimentarias Rojas. En este miembro es importante aclarar que los clastos de Rocas Metamórficas son cuarcitas. Durante el levantamiento estratigráfico y el conteo de clastos se observó que los clastos menos estables ej.

Filitas, esquistos o sedimentarias finas etc. se han meteorizado y forman parte de la matriz, dejando solo breves pistas de la estructura y composición inicial, por este motivo no fueron incluidos en el conteo.

Tabla 9:

*Porcentaje promedio de categorías indicadoras de proveniencia en el miembro Gravoso*

<b>Categorías indicadoras</b>	<b>Porcentaje</b>	<b>Categoría</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>Sedimentarias Blancas Finas</b>	0	Arenitas Blancas	68
<b>Chert</b>	0	Sedimentarias Rojas	1
<b>Arenita Glauconítica</b>	20	Granitos y Riolitas	2
<b>Cuarzo</b>		Rocas Metamórficas	9

## 8 Interpretación de Resultados

### 8.1 Ambiente de la Formación Bucaramanga

En base a las litofacies sedimentarias, la metodología implementada por Miall, (1977); Miall, (1996), entre otros, y las sucesiones de Facies determinadas en las columnas: Columna estratigráfica Rincón de Girón. Incluye litofacies, sucesiones de facies, dirección de paleocorrientes, estructuras sedimentarias y variación composicional de clastos en el miembro Órganos. Columna estratigráfica Cantalá. Incluye litofacies, dirección de paleocorrientes,

estructuras sedimentarias y variación composicional de clastos en el miembro Órganos. Columna estratigráfica Ladrillera No 5. Incluye litofacies, dirección de paleocorrientes, estructuras sedimentarias y variación composicional de clastos en el miembro Órganos y Gravoso. Columna estratigráfica Ladrillera No 6. Incluye litofacies, dirección de paleocorrientes, estructuras sedimentarias y variación composicional de clastos en el miembro Órganos y Gravoso. Columna estratigráfica Ladrillera No 7. Incluye litofacies, asociación de Facies y estructuras sedimentarias. se propone la siguiente sucesión e interpretación de ambiente sedimentario para los miembros analizados (Figura 38).

### 8.1.1 Sucesiones de Facies del miembro Órganos.

- **Secuencia Granodecreciente:** Gc, Sm, Sh; Fm; Fl: Esta asociación facial está compuesta por gravas de guijas y gujarros localmente imbricadas (Gc), con intercalaciones de arenas masivas (Sm) o arenas con laminación plano-paralela (Sh), terminando con pequeños niveles arcillosos masivos (Fm) o laminados (Fl).
- **Secuencia Agradacional:** Gc, Sm, Sh: Presenta una asociación, la cual se compone por niveles de gran espesor de gravas de guijas y gujarros clastosoportadas de geometría tabular con algunos niveles lenticulares (Gc), interdigitado por niveles de arenas de grano muy grueso a fino sin laminación (Sm) y con laminación plano-paralela (Sh), de geometría lenticular y acanalada.
- **Secuencia Granocreciente:** Sm; Sh: Se describe como arenas con variación textural desde arenas a muy finas, hasta arenas gruesas, con poca evidencia de estructuras internas de laminación plano-paralela difusa, con arenas masivas, las cuales presentan una geometría tabular.

### 8.1.2 Interpretación de ambiente del Miembro Órganos

- Secuencias Granodecreciente: Barras de gravas transversales y longitudinales con formas de fondo asociadas a sucesiones verticales de litofacies. (Arche, 2010; Miall, 1977). Depósitos arenosos de acresion lateral de carga de lecho (Sm, Sh) asociados a flujos turbulentos que transportan clastos con granulometría de arenas. (Miall, 1977) Cubierto por arcillas depositadas en la llanura de inundación. (Miall, 1996)
- Secuencias Agradacional: Barras de gravas transversales y longitudinales con formas de fondo asociadas a sucesiones verticales de litofacies. (Arche, 2010; Miall, 1977). Localmente se encuentran rellenos de canal (Miall, 1996).
- Secuencia Granocreciente: Depósitos turbulentos de arenas correspondientes a flujos muy densos. Depósitos de relleno de canal abandonado (Miall, 1996) o aumento en la energía del medio debido a cambios autigenicos. (Catuneanu, 2006)

Las sucesiones mencionadas anteriormente se interpretan como un sistema entrelazado somero de gravas (*shallow gravel braided*) (Figura 38) caracterizado por múltiples canales de baja sinuosidad y profundidad, los cuales pueden abandonarse en un escenario de disminución del caudal y esto da lugar a un depósito de arenas y material fino en forma lenticular, tabular y en cuña, en la planicie de Inundación. Este subambiente se compone por cuerpos tabulares de gravas con estratificación horizontal, en menor proporción estratificación cruzada surco y ocasionalmente planar. La secuencia presenta numerosas superficies internas de erosión y de forma ocasional niveles de arenas con estratificación horizontal, planar, ripples o laminación paralela. (Miall, 1977; Miall, 1996; Arche, 2010). Las llanuras de inundación pueden existir en llanuras aluviales, lo cual da depósitos de poco espesor de material fino. (Miall, 1977; Miall, 1996; Nanson & Croke, 1992).

### 8.1.3 Asociación de Facies Miembro Finos

- **Secuencia Granodecreciente:** Gc, Sm, Sh, Fm, Fl: Esta asociación se compone por niveles de poco espesor de gravas de guijas clatosportadas de geometría tabular con algunos niveles lenticulares (Gc); Predominio de arenas de grano muy grueso a fino sin laminación (Sm), con laminación plano-paralela (Sh); seguido por niveles de poco espesor de arcillas masivas (Fm) y arcillas laminadas (Fl).
- **Secuencia Agradacional:** Sm; Esta asociación se constituye por Arenas agradacionales masivas (Sm) tamaño de grano medio.
- **Secuencia Granocreciente y Estratocreciente:** Fl, Sr, Sm; Gc: Se presenta como una secuencia granocreciente de arcillas Fl con laminación cruzada, arenas medias con laminación ondulada (Sr) y masivas (m).

### 8.1.4 Interpretación Ambiente Miembro Finos:

- **Secuencia Granodecreciente:** Facies gravosas cercanas al canal (Gc), depósitos de acreción vertical originados por depósitos de tracción (Sh, Sm), depósitos de acreción lateral relacionados a migración de dunas y ondulitas (Sr, Sp). Finalmente se deposita un intervalo de limo y arcilla (Fm) que muestra laminación horizontal o laminación ondulada (Fl) depositado en una llanura de inundación (Miall, 1977). Las secuencias granodecrecientes corresponden a llanuras de inundación someras de alta frecuencia

- Secuencia Agradacional: Depósitos turbulentos de arenas correspondientes a flujos muy densos en los que la alta concentración de partículas condiciona un comportamiento de tipo masivo. (Miall, 1977)
- Secuencia Granocreciente: Arcillas (Fl, Fm), depósitos de llanura de inundación, *Shallow Lake* o relleno de canal abandonado, que reflejan un cambio en el régimen de flujo por corrientes efímeras, que lleva a la progradación de facies Fl, Sr, Sh, Sm y finaliza con gravas (Gc) (Miall, 1996).

Las asociaciones mencionadas anteriormente se interpretan como un río trezado distal dominado por arenas con escorrentía efímera y canales, someros y mal definidos (Arche, 2010; Miall, 1996, Muñoz et al., 1992). Son características de zonas de sistemas entrelazados efímeros *s.s. (flashy, ephemeral, sheetflood sand-bed river)* (Figura 38), particularmente en regiones áridas donde la escorrentía efímera forma una red de drenaje de poca profundidad. (Miall, 1996; Galli et al., 2012). Este sistema se desarrolla en una llanura aluvial (Fl, Fm), probablemente no cohesiva (Nanson & Croke, 1992), con inundaciones en esta planicie, las cuales dejan como evidencia las facies Sm, Sh y a régimen de flujo bajo Sr. La variación deposicional de facies desde los canales no encausados a la llanura de inundación se explica de la siguiente manera: la parte más cercana al canal puede ser ligeramente erosiva y estar cubierta por un delgado nivel de gravas Gc, en la zona distal del canal se desarrolla un nivel de arena con laminación horizontal Sh, Sm. Finalmente se deposita un intervalo de limo y arcilla (Fm, Fl). Ocasionalmente presenta depósitos de tracción por procesos de acreción vertical.

### **8.1.5 Asociación de Facies del Miembro Gravoso**

- **Secuencia Granodecreciente:** Gc,Sm; Sh; Fm: Presenta arena Masiva (Sm) a Limo y Arcillas Masivas (Fm).
- **Secuencia Agradacional:** Gc: Esta asociación facial se compone por el apilamiento masivo gravas de guijas y guijarros (Gc).

### 8.1.6 Interpretación de ambiente del Miembro Gravoso

- **Secuencia Granodecreciente:** Gc, Sh, Sm: Asociado a un depósito de Barras de gravas (Gc), depósitos arenosos de acreción lateral por carga de lecho (Sm, Sh), que finalizan en depósitos de llanura de inundación, relleno de canal o *Shallow Lake*. (Miall, 1996).
- **Secuencia Agradacional:** Sm, Sh, Fm: Depósitos de barras de gravas (Miall, 1996), relacionadas a un flujo turbulento continuo de sedimento de clastos gruesos en suspensión y tracción, que se acumula en zonas de barras (Galli et al., 2012).

Las asociaciones mencionadas anteriormente se interpretan como un sistema entrelazado somero de gravas (*shallow gravel braided*) (Figura 38) caracterizado por múltiples canales de baja sinuosidad y profundidad, los cuales pueden abandonarse en un escenario de disminución del caudal y esto da lugar a un depósito de arenas y material fino en forma lenticular, tabular y en cuña, en la planicie de Inundación. Este subambiente se compone por cuerpos tabulares de gravas con estratificación horizontal, en menor proporción estratificación cruzada surco y ocasionalmente planar. La secuencia presenta numerosas superficies internas de erosión y de forma ocasional niveles de arenas con estratificación horizontal, planar, ripples o laminación paralela. (Miall, 1977; Miall, 1996; Arche, 2010). Las llanuras de inundación pueden existir en llanuras aluviales, lo cual da depósitos de poco espesor de material fino. (Miall, 1977; Miall, 1996; Nanson and Croke, 1992).

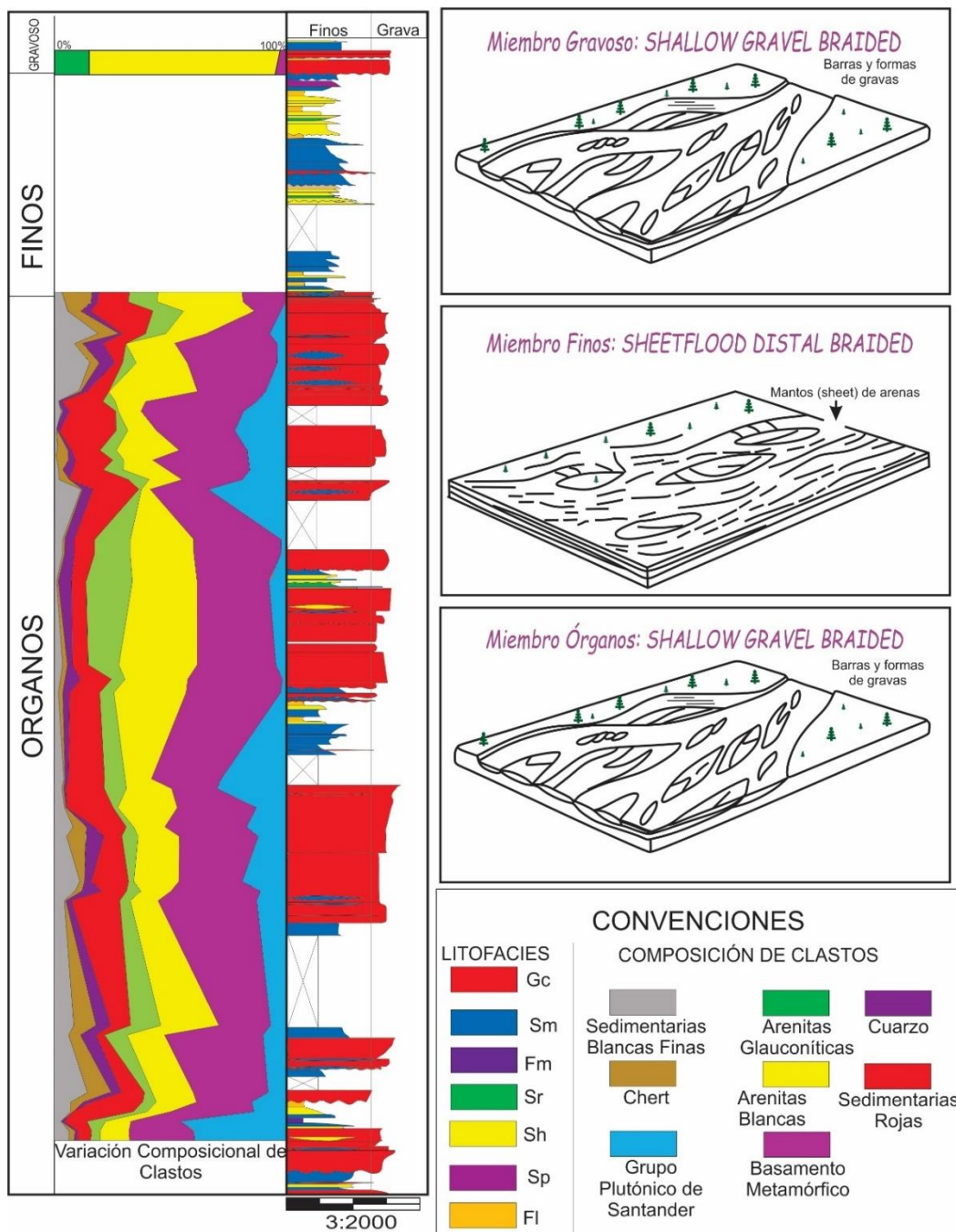


Figura 38: Columna Generalizada de los Miembros Órganos, Finos y Gravoso, variación composicional de clastos y bloque diagrama del ambiente de deposición de los miembros estudiados. Bloques diagrama Tomados y Modificados de Miall (1996)

## **8.2 Análisis de Procedencia**

Para analizar la proveniencia se tubo en cuenta los clastos indicadores de proveniencia, la variación composicional de estos y la medición de paleocorrientes.

### **8.2.1 Paleocorrientes**

En las Figura 31, Figura 32, Figura 35 y Figura 36 se observa las direcciones de las paleocorrientes medidas en el miembro Órganos (Figura 39). Estas dejan como evidencia un patrón de dispersión en la columna Rincón de Girón N-NE, lo que indica que procede desde S, SW; en la columna Ladrillera No 5 y Ladrillera No 6 el patrón de dispersión bidireccional NW-NE, donde predomina la dirección NE, lo que indica que su procedencia es SE-SW, en ángulos bajos; en la columna Cantalá el patrón de dispersión no es claro y la densidad de datos es insuficiente para lograr establecerlo. En términos generales, la dirección y sentido de las paleocorrientes medidas es S-N. Lo cual indica una posible área fuente al Sur de la zona de estudio.

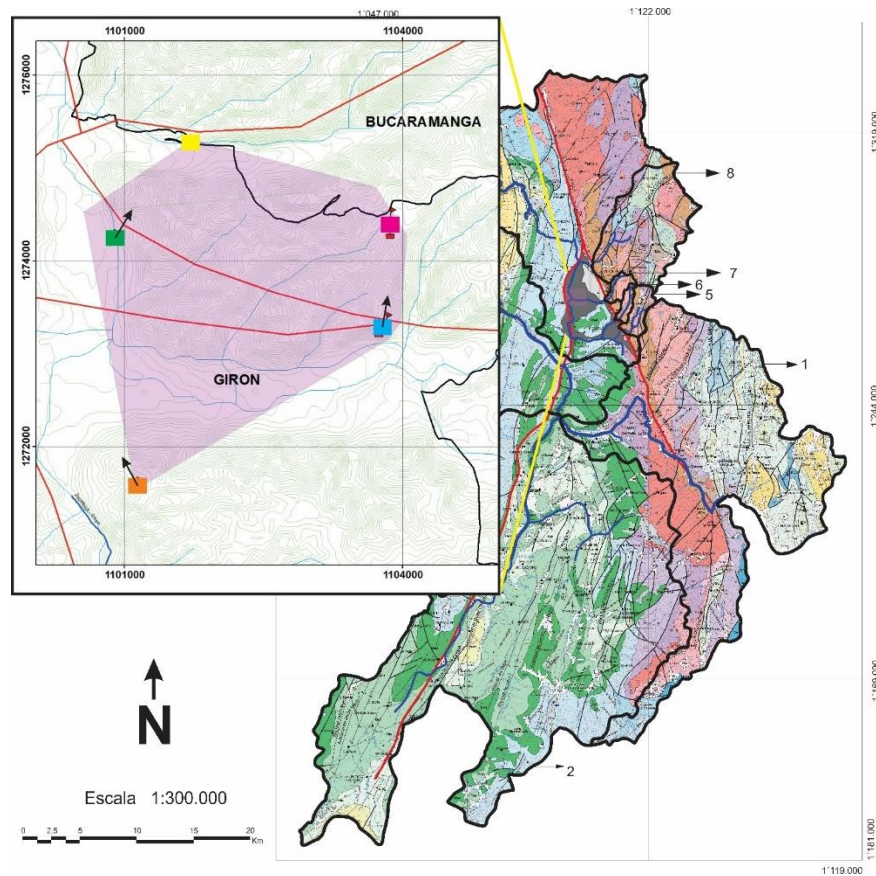


Figura 39: (A) Ubicación de los datos de Paleocorrientes medidos en las columnas Rincón de Girón, Cántala, Obra Girón y Ladrillera No 5; (B) Mapa de subcuencas sedimentarias de drenaje de los principales ríos relacionados con el origen de la Formación Bucaramanga; (C) Mapa de cuencas principales de Santander. Tomado y modificado de Solano, (2016)

### 8.2.2 Modelo de proveniencia

El modelo de proveniencia planteado por Graham *et al.* (1986), se define en abanicos aluviales depositados en una cuenca intramontana, en este modelo la variación composicional en los clastos obedece a una secuencia normal de descapotamiento. (Ver sección 5.8). Según la variación en la columna generalizada de la Formación Bucaramanga (Figura 38) y los cambios locales en las columnas levantadas en el presente informe (Figura 31, Figura 32, Figura 33, Figura 34, Figura 35

y Figura 36), se deduce que no hay un patrón de dispersión de clastos que obedezca a un modelo de proveniencia relacionado al levantamiento y denudación del área fuente; por el contrario la distribución es constante y en toda la sección aunque hay variaciones locales en las categorías analizadas, la distribución es continua y no hay ausencia de categorías indicadoras en los conteos. Por las razones anteriormente mencionadas, el análisis de área fuente de sedimentos, se realiza en base a la incidencia de categorías indicadoras de proveniencia en las cuencas adyacentes al depósito (Tabla 1,

*Tabla 2 y*

Tabla 7)

Esta relación deja como evidencia que las categorías indicadoras de clastos reportados en la Formación Bucaramanga tienen una representatividad estadística muy significativa en las cuencas adyacentes a este depósito, por este motivo los clastos de Chert Calcáreo tienen gran importancia pues solo están reportados en la Fm. La Luna y esta solo tiene representatividad en las cuencas Suratá y Chicamocha. De la misma manera este proyecto de investigación propone como principal indicador de proveniencia del paleoflujo que deposita los miembros Órganos y Gravoso se plantea la categoría de arenita Glauconítica con un porcentaje promedio del 10%, la cual solo tiene incidencia en las paleocuencas ubicadas al Sur del área Metropolitana de Bucaramanga.

El análisis petrográfico del presente informe clasifica los clastos de arenitas glauconíticas como cuarzoarenitas glauconíticas con circón y Turmalina como mineral accesorio, lo cual es coherente con el análisis petrográfico realizado en el presente informe a rocas de la Fm Aguardiente en el área de San Andrés, Santander (**Apéndice B**) y Fabre, (1977), en el área del Cocuy, reporta cuarzo

arenitas glauconíticas con turmalina como mineral accesorio en la Formación Aguardiente. Esta evidencia y la dirección de paleocorrientes dejan como principal fuente de los clastos de arenitas glauconíticas y de gran parte de los clastos que componen el depósito de la Fm Bucaramanga la paleo cuenca del Río Chicamocha al SE del área de estudio.

## 9 Reconstrucción Paleambiental

Los resultados e interpretación de resultados (7; 8) indican que el depósito de la Formación Bucaramanga obedece a un sistema fluvial en una cuenca intramontana cerrada con principal aporte de sedimentos al Sur del área de estudio (8.2), localmente se puede encontrar material de origen aluvial producto de la erosión de los bloques adyacentes; La variación de sedimentos se influencia por controles alogénicos (5.7), los cuales afectan el estilo de deposición, capacidad de carga y características faciales en cada miembro. Estos son evaluados de la siguiente manera:

- Control Climático: El aumento en la precipitación que incide en los bloques adyacentes a la zona de estudio, tienen relación directa con el incremento en la capacidad de carga, la erosión y el suministro de sedimentos en la Formación Bucaramanga.
- Control de Tectónica: Está relacionado a un aumento en el espacio de acomodación por subsidencia, lo cual tiene una relación directa con el incremento del suministro de sedimentos.

En base a las características de los sistemas de deposición propuestos, el presente informe se realiza una reconstrucción paleoambiental de los miembros Órganos, Finos y Gravoso, teniendo

en cuenta los arreglos litofaciales dispuestos en las columnas estratigráficas (Figura 31, Figura 32, Figura 33, Figura 34, Figura 35, Figura 36, Figura 37 y Figura 38) y el análisis de proveniencia obtenido por medio de dirección de paleocorrientes y variación composicional de clastos indicadores (Ver sección 8.2).

Los estados de evolución planteados son:

### **9.1 Estado Uno: Miembro Órganos**

El miembro Órganos se dispone en la base de la formación Bucaramanga, es el miembro con mayor espesor del depósito con un espesor medido en este proyecto de 135 m, su interpretación se realizó por integración del análisis y distribución de facies. Se interpreta como un sistema entrelazado somero de gravas (*shallow gravel braided*) desarrollado en una cuenca intramontana (8.1.2 y Figura 38), este se caracteriza por múltiples canales de baja sinuosidad y profundidad, los cuales pueden abandonarse en un escenario de disminución del caudal y esto da lugar a un depósito de arenas y material fino en forma lenticular, tabular y en cuña, en la planicie de Inundación. (Miall, 1977; Miall, 1996; Arche, 2010). Lima y Medina (2015) afirman que este miembro se deposita en varios ciclos bajo procesos tanto fluviales como aluviales fluctuantes en ambientes de clima árido, régimen de lluvias no estacionales y regímenes de precipitación torrencial.

El presente informe plantea que el suministro de sedimentos para el depósito del Miembro Órganos de la Formación Bucaramanga obedece a un sistema fluvial, cuyo cauce incide sobre unidades metamórficas, ígneas y sedimentarias. Esto se refleja en la variación composicional de los clastos (Figura 38), los cuales no reflejan un cambio significativo, que lleve a pensar una modificación sistemática en la fuente principal de sedimentos. Según los datos de paleocorrientes

el área fuente estuvo ubicada al sur del depósito analizado, esta dirección es coherente con los indicadores de proveniencia, en los cuales el más característico es la arenita glauconita la cual solo esta reportada hacia el sur de la zona de estudio, en la cuenca Chicamocha y es correlacionable por análisis petrográfico con las arenitas glauconíticas reportadas para la formación aguardiente por Fabre, (1973) en el área del Cocuy.

En base a las características mencionadas anteriormente la reconstrucción paleoambiental para el estado uno (Figura 40) se interpreta como un sistema entrelazado somero de gravas con dirección de flujo en sentido S-N.

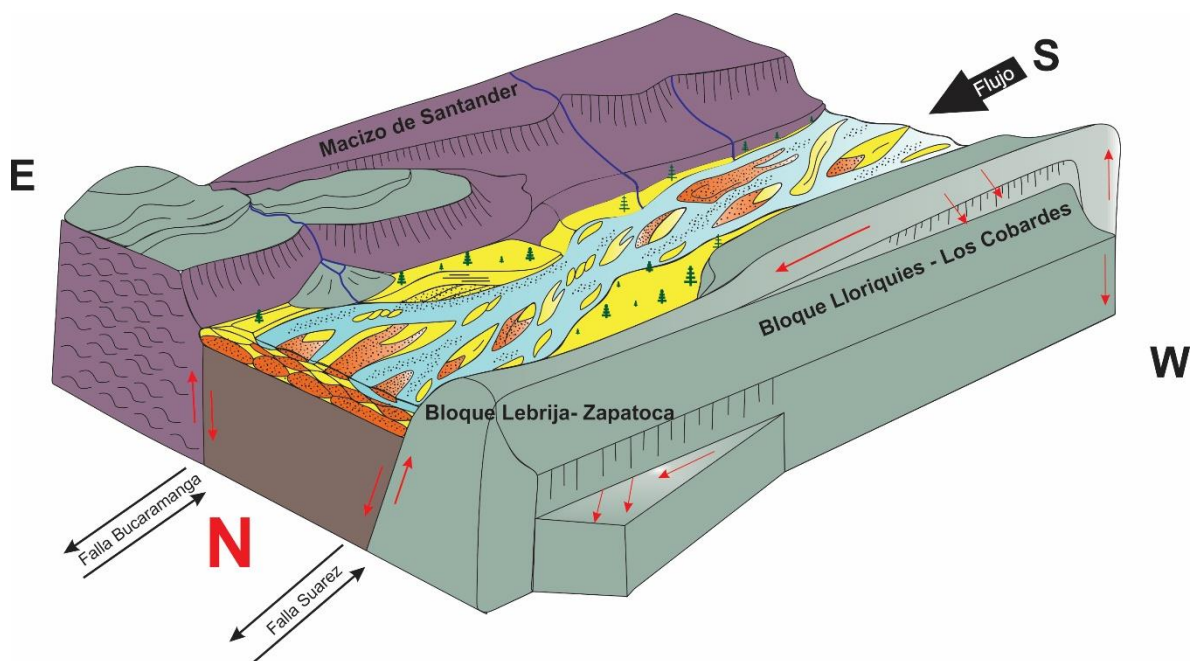


Figura 40: Reconstrucción Paleoambiental del Miembro Órganos.)

## 9.2 Estado Dos: Miembro Finos

Una disminución gradual en la energía del medio se evidencia en el contacto gradacional del miembro Órganos y Finos (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). Esta disminución lleva a una variación en el régimen de flujo y en la capacidad de carga, dejando como evidencia un cambio en el sistema deposicional de gravas a arenas en el miembro Finos. Este depósito se caracteriza por presentar sucesiones granodecrecientes (80% de la secuencia) de arenas gravosas, arenas muy finas con estructura masiva o laminación plano-paralela, localmente con estructuras de ripples, esta secuencia finaliza con arcillas masivas y laminadas generadas por relleno de canal.

Teniendo en cuenta los controles alogénicos, en una cuenca intramontana se generan dos escenarios distintos que explican las posibles configuraciones paleoambientales del miembro Finos de la siguiente manera:

- a) Depósito *sheetflood distal braided* influenciado por una disminución brusca de la energía del drenaje principal, la cual es generada por un descenso en las precipitaciones o cambios tectónicos que no se perciben en la zona de estudio. Estos controles alogénicos en los paleocauces del Rio Chicamocha y Surata tienen como respuesta un cambio abrupto en la energía del cauce principal en sentido S-N, generando en un sistema con canales poco definidos o ausentes, enmarcados en ciclos de inundación a lo largo de superficies limítrofes, los sedimentos que se depositan principalmente son arenas con estructuras sedimentarias masivas y con laminación plano-paralela, en menor proporción ondulitas y laminación cruzada. Se caracteriza por tener canales abandonados, los cuales pueden ser rellenos por aguas quietas con material muy fino en suspensión y generan un depósito Shallow lake de poca extensión.

Las características mencionadas en el inciso a) presentan una configuración paleoambiental (Figura 41) interpretada en el presente informa como un sistema entrelazados efímeros s.s. (*flashy, ephemeral, sheetflood sand-bed river*), con suministro de sedimentos en dirección S-N y con bajo aporte de material de origen aluvial.

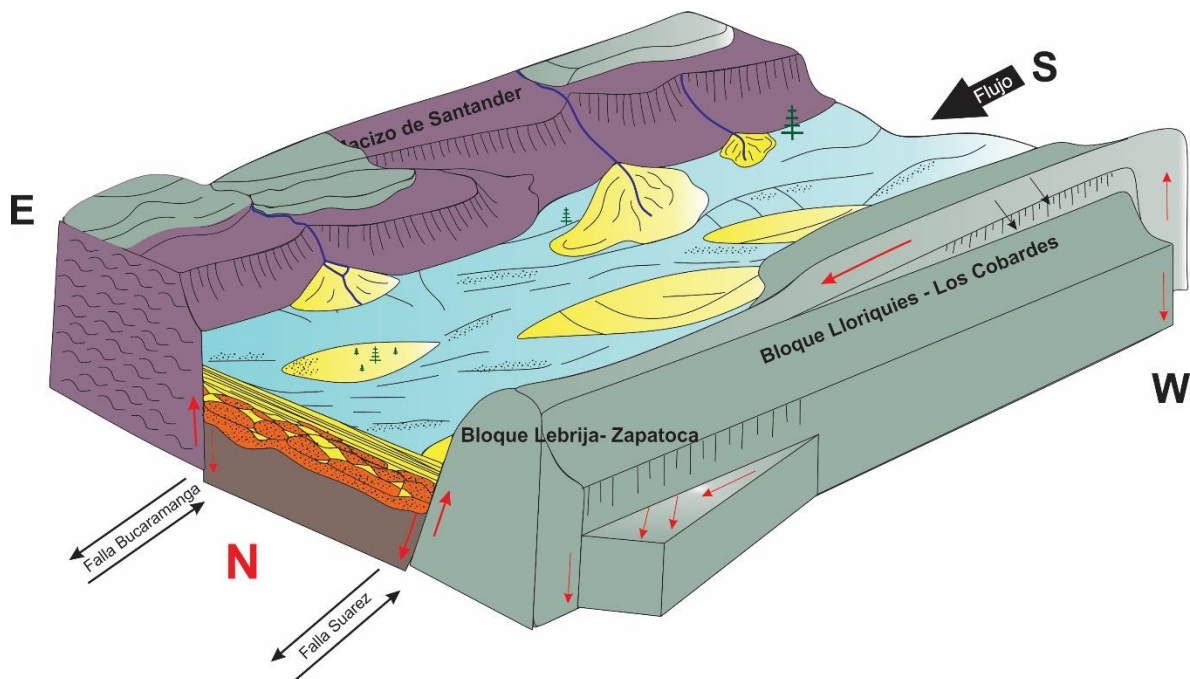


Figura 41: Reconstrucción paleoambiental del Miembro Finos con bajo aporte de material aluvial.

b) Depósito entrelazados efímeros s.s. (*flashy, ephemeral, sheetflood sand-bed river*), influenciado por una disminución en la energía del medio mencionada en el inciso a) y un aumento en el aporte de sedimentos de origen aluvial de los drenajes en sentido E-W por influencia tectónica y/o cambios climáticos locales. El incremento en la precipitación de los drenajes adyacentes a la zona de estudio incide directamente un en el suministro de sedimentos y características faciales asociados a un depósito aluvial; de la misma manera

un pulso tectónico de levantamiento en las mesas, el anticlinal de los Cobarde y/o el Macizo de Santander, favorece un aumento en el espacio de acomodación en la cuenca por isostasia e intensifica los procesos erosivos. Los controles mencionados anteriormente inciden directamente sobre la cantidad de material que se genera y la geometría del depósito de tipo abanico aluvial terminal.

El sistema de depositación se configura principalmente como un río braided distal interdigitado con sedimentos provenientes de un abanico aluvial terminal generado por un cambio local en los controles alogénicos y un aumento en la influencia de los drenajes E-W de la zona de estudio. Los sedimentos depositados en este ambiente son generados por flujos de tracción y dejan como evidencia arenas con estructura sedimentaria plano paralela y masiva intercalados con algunos niveles lutíticos originados por decantación de aguas fangosas. (Arche, 2010)

Las características mencionadas en el inciso b) presentan una configuración paleoambiental (Figura 42) interpretada en el presente informe como un sistema entrelazado efímero *s.s. (flashy, ephemeral, sheetflood sand-bed river)*, con suministro de sedimentos en dirección S-N interdigitado con de sedimentos provenientes de un abanico aluvial terminal depositado por los drenajes en sentido E-W.

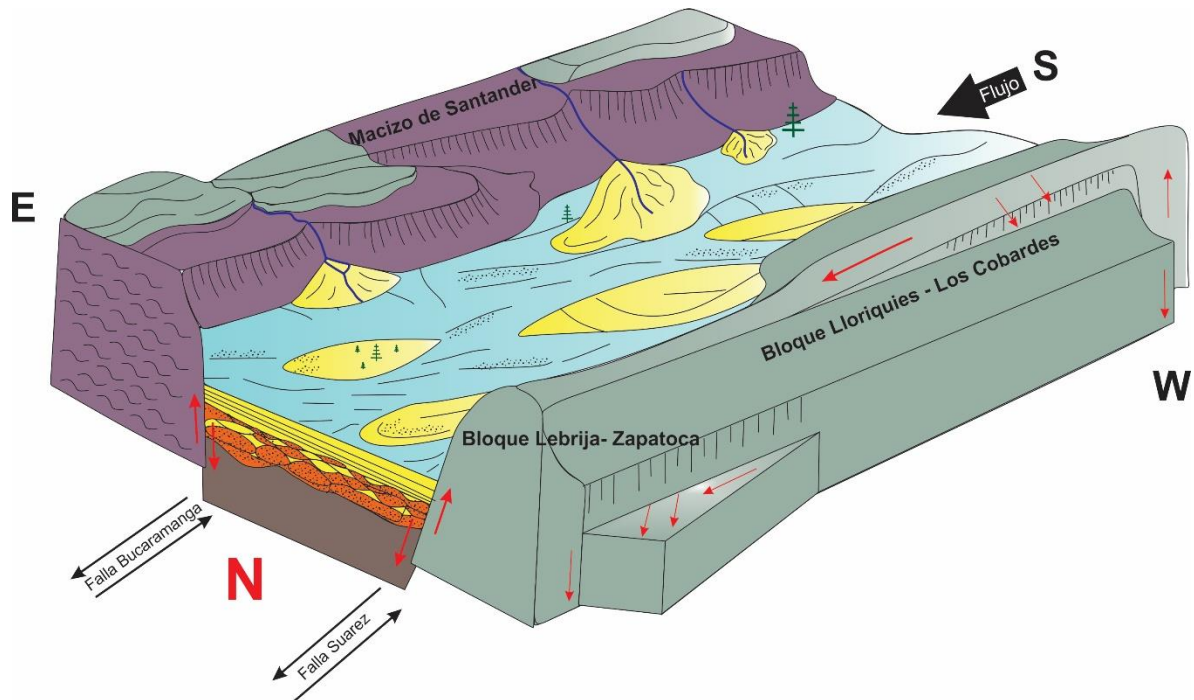


Figura 42: Reconstrucción paleoambiental del Miembro Finos con alto aporte de material aluvial.

### 9.3 Estado Tres: Miembro Gravoso

El aumento en la energía del medio deja como evidencia un contacto erosivo de arcillas y arenas del miembro Finos con gravas de guijas y guijarros del miembro Gravoso. Esto se interpreta como un posible cambio en el régimen tectónico de la cuenca asociado a un pulso de levantamiento del Macizo de Santander y la zona de las Mesas o una variación abrupta de clima árido a húmedo, lo cual genera un aumento de la capacidad de carga y genera flujos turbulentos capaces de transportar las gravas que conforman el miembro gravoso.

El espesor máximo de este miembro es de 5,5 m y se encuentra en la columna Ladrillera No 2, según las sucesiones faciales descritas en la sección 8.1.6 este depósito se interpreta como un sistema entrelazado somero de gravas (*shallow gravel braided*), con fluctuaciones en la energía del medio que dejan como evidencia secuencias granodecrescentes de gravas de guijas a arcillas o

arenas. Las gravas de guijas se componen principalmente por arenitas silíceas. Las arenitas glauconíticas representan el 20% del total de clastos que conforman este miembro, como se mencionó en las secciones (6.1.1, 8.2.2 y 9.1) la glauconita indica un sentido de drenaje S-N, proveniente de la cuenca Chicamocha al SE de la zona de estudio. Esto indica que no hay un cambio en el área fuente de los clastos de arenitas glauconíticas, aunque no se descarta un aumento en la contribución lateral.

En base a las características mencionadas anteriormente la reconstrucción paleoambiental para el estado tres (Figura 43) se interpreta como un sistema entrelazado somero de gravas con dirección de flujo en sentido S-N y aporte aluvial en sentido E-W.

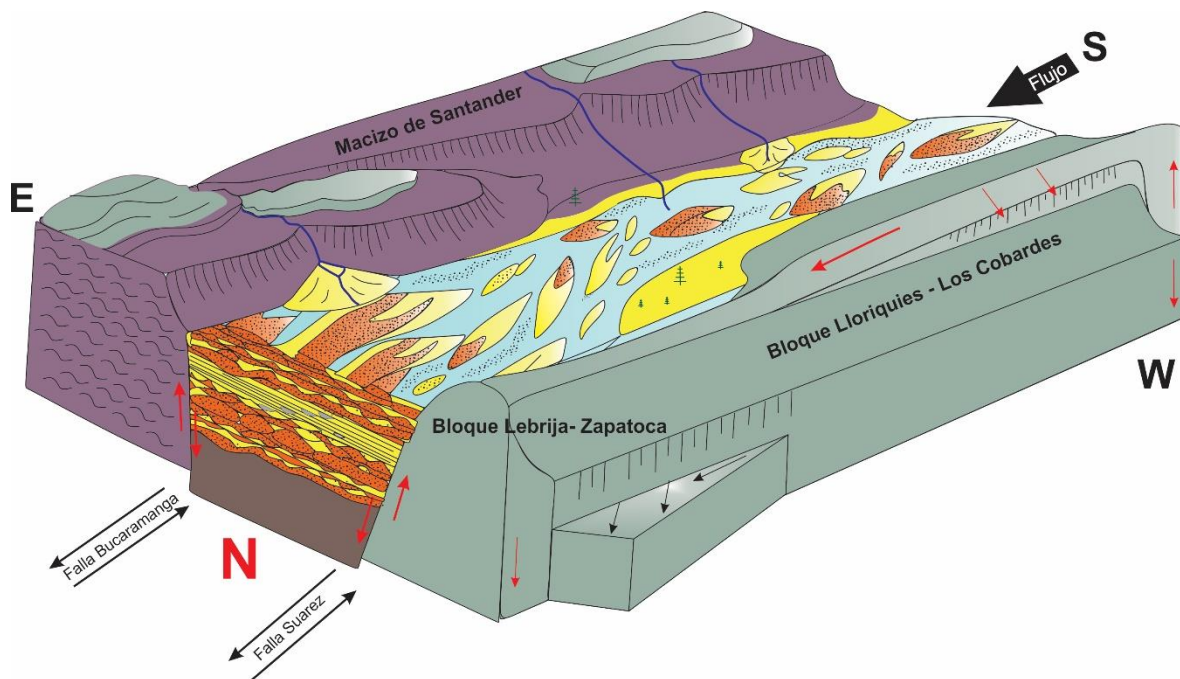


Figura 43: Configuración paleoambiental del Miembro Órganos.

#### 9.4 Estado Cuatro: Configuración Actual

La reconstrucción paleoambiental mencionada anteriormente es coherente con el modelo de evolución de drenajes planteado por Julivert, 1959; Solano, 2016; Struth, (2016); García y Medina, 2017. Los autores anteriormente mencionados se basan en eventos de capturas generados por un cambio en el nivel base regional y un aumento en la erosión remontante. La cronología de las capturas reportadas en la zona de estudio es la siguiente:

- **Primera captura:** Captura del Río Chicamocha en dirección W, en este momento el Chicamocha se une al río Suarez para así formar el río Sogamoso marcando el codo de captura de Pescadero. Dicho evento pudo ser anterior al depósito de la Fm. Bucaramanga (Julivert, 1958). Según García y Medina, (2017) “el antiguo cauce del Suárez fluía en dirección preferente N-S, mientras el antiguo Chicamocha discurría también en dirección preferente N-S hasta un sitio llamado Los Curos, cambiando su rumbo hacia el W hasta confluir con el antiguo Suárez en la vereda Chocóa”.
- **Segunda captura:** Captura de la quebrada Zapatocha por un afluente del río Magdalena que avanza mediante erosión remontante en dirección SE (Julivert, 1959; Struth, 2016; García y Medina, 2017)
- **Tercera captura:** El afluente anteriormente mencionado, siguió avanzando hasta lograr la captura fluvial del paleocauce del Río Suárez hace 400ka, (Struth, 2016), finalizando así el aporte sedimentario de este río en la Mesa de Bucaramanga (Julivert, 1959; Struth, 2016; García y Medina, 2017), “desviando su trayectoria en dirección NW y continuando su recorrido por el tributario del Magdalena (actual río Sogamoso)”. (García y Medina, 2017)
- **Cuarta captura:** Posterior a esta captura aumenta el nivel de energía de los afluentes del río Suarez en comparación a los sistemas hídricos adyacentes, lo cual desestabiliza el perfil gradado de este río y conlleva finalmente a la captura del río Chicamocha (Struth, 2016;

García y Medina, 2017), culminando así su contribución sedimentaria en la Mesa de Bucaramanga. (Struth, 2016; García y Medina, 2017).

La configuración actual de drenajes relacionados a la Formación Bucaramanga (Figura 44) se compone por los Ríos Suratá, Río Tona, Río Frío, Río Del Hato y Río de Oro, los cuales nacen al oriente del área metropolitana de Bucaramanga en el Macizo de Santander (Solano, 2016). Estos drenajes continúan con un proceso erosivo, el cual marca la geomorfología y la configuración geográfica actual de la Formación Bucaramanga.

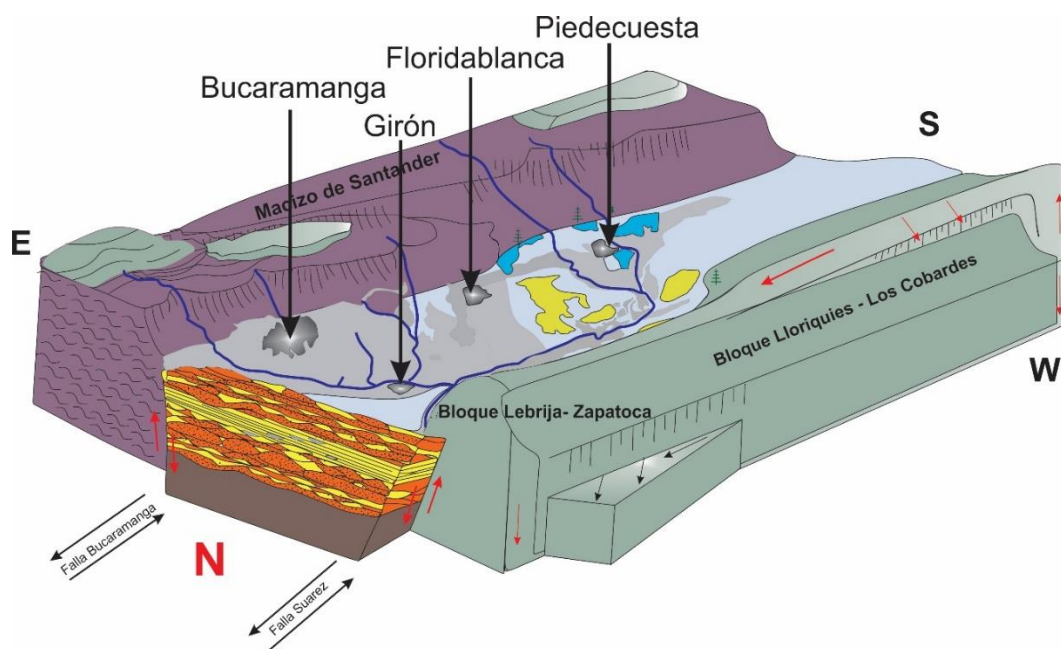


Figura 44: configuración actual de drenajes.

## 10 Conclusiones

El depósito de la Formación Bucaramanga se origina en una cuenca intramontana que obedece a un sistema fluvial Trenzado cuya configuración depende de las fluctuaciones en la energía del medio, generadas por controles alogénicos (Clima y Tectónica). La variación en el sistema de depositación para los miembros Órganos, Finos y Gravoso se refleja de la siguiente manera:

- El miembro Órganos se conforma principalmente por depósitos de gravas de guijas y guijarros clastosoportadas interdigitadas con capas con espesor variable de arenas a arcilla que se depositan con geometría tabular o lenticular. Asociados principalmente por amalgamamiento de barras, relleno de canales abandonados y material fino depositados en llanura de inundación. Este sistema se enmarca en un río entrelazado somero de gravas (*shallow gravel braided*).

Los controles depositacionales llevan a una disminución en la energía del medio, dejando como evidencia un cambio significativo en la depositación para el miembro finos de la siguiente manera:

- El miembro Finos presenta sucesiones granodecrecientes de arenas gravosas a arenas muy finas con estructura masiva o laminación plano-paralela, localmente con estructuras ondulosa; esta secuencia finaliza con arcillas masivas y laminadas. Se asocia a depósitos generados en una llanura aluvial, en donde la escorrentía efímera forma una red de drenajes de poca profundidad y localmente se generan de lagos someros (Shallow Lake) o relleno de canal abandonado. Este secuencia se enmarca en un sistema entrelazado efímero s.s. (*flashy, ephemeral, sheetflood sand-bed river*).

Un segundo control alogénico (posible cambio en el régimen tectónico) genera flujos turbulentos capaces de transportar las gravas que conforman el miembro Gravoso.

- Este miembro presenta depósitos de gravas de guijas y guijarros clastosoportadas interdigitadas con capas con espesor variable de arenas a arcilla que se depositan con geometría tabular, las características mencionadas enmarcan este depósito en un sistema entrelazado somero de gravas (*shallow gravel braided*).

Por medio del método de análisis de proveniencia se determinó que el área Fuente de los Miembros Órganos y Gravoso se ubica al SE de la zona de estudio, esto se establece por la dirección de paleocorrientes en sentido SE-NW; SW-NE y categorías indicadoras de proveniencia ubicadas al SE de la zona de estudio relacionadas con el paleocauce de los Ríos Chicamocha-Suarez. La configuración planteada para el suministro de sedimentos en los miembros mencionados anteriormente es coherente con la evolución del modelo de drenaje planteada por: Julivert, 1958; Solano, 2016; Struth 2016; García y Medina, 2017)

El ambiente de deposición del miembro Finos es un sistema entrelazado efímero *s.s.*, el cual se genera en ríos trenzados dominados por arena o en abanicos terminales (Arche, 2010), la ausencia de indicadores de proveniencia en este miembro y la ambigüedad en las características faciales impide enmarcar este depósito en un único ambiente, se propone por correlación en la dirección del flujo del miembro que lo infrayace y lo suprayace que la fuente de sedimentos fue la misma en el depósito de los Miembros Finos, Órganos y Gravoso. Se requieren más estudios para determinar y clasificar la influencia de aporte aluvial producto de la contribución lateral de los Ríos Suratá, Frio, Hato y de Oro (INGEOMINAS, 2001; INGEOMINAS, 2007; INGEOMINAS, 2008; Jiménez et al., 2015; Niño y Vargas, 1993; Porta, 1958)

## 11 Recomendaciones

Siguiendo con la metodología de investigación planteada para la ejecución del presente informe, se recomienda ampliar el conocimiento en la configuración del depósito e implementar un análisis detallado de las características de los materiales más finos, que logren establecer un modelo de procedencia claro.

Realizar estudios y modelos estructurales basados en el régimen tectónico que delimita el depósito de la Fm. Bucaramanga, para lograr una correlación diacrónica entre los estilos deposicionales característicos en cada miembro con un cambio en los controles alogénicos (influencia tectónica) y compensación isostática.

Teniendo en cuenta las variaciones sistemáticas del depósito en el área de estudio, se recomienda realizar estudios similares a los desarrollados en el presente informe, en zonas más al E del depósito, con el fin de establecer un modelo más acorde con respecto a la densidad y complejidad de las características sedimentológicas del depósito

### Referencias Bibliográficas

- Arche, A. (Ed). (2010). *Sedimentología del proceso físico a la cuenca sedimentaria*. Madrid, España: Editorial Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC-CSIC).
- Bridge, J., & Demicco, R. (2008). *Earth surface processes, landforms and sediment deposits*. New York, United States of America: Cambridge University Press.
- Caballero, V., Parra, M., Mora, A., López, C., Rojas, L. E., & Quintero, I. (2013). Factors controlling selective abandonment and reactivation in thick-skin orogens: A case study in the Magdalena Valley, Colombia. *Geological Society, London, Special Publications*, 377(1), 343-367.
- Catuneanu, O. (2006). *Principles of sequence stratigraphy*. Amsterdam, The Netherlands. Elsevier.
- Colombo, F. (1994). Normal and reverse unroofing sequences in syntectonic conglomerates as evidence of progressive basinward deformation. *Geology*, 22(3), 235-238.
- Cooper, M. A., Addison, F. T., Álvarez, R., Coral, M., Graham, R. H., Hayward, S. H., Martínez, J., Naar, J., Peñas, R., Pulham, A. J., Taboada, A. (1995). Basin development and tectonic history of the Llanos Basin, Eastern Cordillera, and Middle Magdalena Valley, Colombia: *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 79 (10), 1421-1443.

- Fabre, A (1977). Geología regional de la Sierra Nevada del Cocuy, plancha 137, " El Cocuy". *Departamento de Boyacá e Intendencia de Arauca, Colombia. INGEOMINAS, Informe, (1877), 199.*
- Galli, C. I., Caffè, P. J., Arnosio, M., Seggiaro, R., & Becchio, R. (2012). Análisis paleoambiental y procedencia de los depósitos en el extremo suroeste de la sierra de Aconquija, provincia de Catamarca. *Revista de la Asociación Geológica Argentina, 69(4), 596-610.*
- García, Y., y Medina, M. (2017). *Evolución reciente de los drenajes de los Ríos Chicamocha y Suárez.* (Tesis de pregrado) Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia.
- Gómez, E., Jordan, T. E., Allmendinger, R. W., Hegarty, K., & Kelley, S. (2005). Syntectonic Cenozoic sedimentation in the northern middle Magdalena Valley Basin of Colombia and implications for exhumation of the Northern Andes. *Geological Society of America Bulletin, 117(5-6), 547-569.*
- Graham, S. A., Tolson, R. B., DeCelles, P. G., Ingersoll, R. V., Bargar, E., Caldwell, M., ... & Lemke, L. (1986). Provenance modeling as a technique for analyzing source terrane evolution and controls on foreland sedimentation. *Foreland basins, 8, 425-436.*
- Grimaldo-Ávalos, J. R. (2010). Análisis estratigráfico de las secuencias jurásicas de La región de Ayuquila-Santiago Chilixtlahuaca, Oaxaca. (Tesis Doctorado) Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México.
- Harms., J. C., Southard, J.B., & Walker, R, G. (1982). *Conglomerate, emphasizing fluvial and alluvial fan environments.* The Society of Economic Paleontologists and Mineralogists (SEPM).

Horton, B. K., Saylor, J. E., Nie, J., Mora, A., Parra, M., Reyes-Harker, A., & Stockli, D. F.

(2010). Linking sedimentation in the northern Andes to basement configuration, Mesozoic extension, and Cenozoic shortening: Evidence from detrital zircon U-Pb ages, Eastern Cordillera, Colombia. *Geological Society of America Bulletin*, 122(9-10), 1423-1442.

Instituto Colombiano De Geología y Minería –INGEOMINAS (2008). Modelo de evolución morfotectónica Cuaternarios basado en evidencias estructurales, neotectónicas y paleosismológicas de los principales sistemas de falla en la región de Bucaramanga. *Publicaciones Geológicas Especiales INGEOMINAS*.

Instituto Colombiano De Geología y Minería –INGEOMINAS (2007). Zonificación de amenaza por movimientos en masa de algunas laderas de los municipios de Bucaramanga, Floridablanca, Girón y Piedecuesta. *Publicaciones Geológicas Especiales INGEOMINAS*.

Instituto Colombiano De Geología y Minería –INGEOMINAS (2001) Zonificación sismogeotécnica indicativa del área metropolitana de Bucaramanga. *Publicaciones Geológicas Especiales INGEOMINAS*.

Jimenez, G., López, O., Jaimes, L., y Umaña, R. M. (2016). Variaciones en el estilo estructural relacionado con anisotropías de basamento en el Valle Medio del Magdalena. *Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 40(155), 312-319.

Jiménez, G., Speranza, F., Faccenna, C., Bayona, G., & Mora, A. (2015). Magnetic stratigraphy of the Bucaramanga alluvial fan: Evidence for  $a \leq 3$  mm/yr slip rate for the Bucaramanga-Santa Marta Fault, Colombia. *Journal of South American Earth Sciences*, 57, 12-22.

Julivert, M. (1958). La Morfoestructura de la Zona de las Mesas al SW de Bucaramanga (Colombia SA). *Boletín de Geología*, 1.

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

- Lima, C., y Medina, J. (2015). Evolución Climática registrada y estratigrafía del Miembro Órganos de la Formación Bucaramanga (Tesis Pregrado). Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia.
- Mantilla, L. C, Bissig, T., Cottle, J. M., & Hart, C. J. (2012). Remains of early Ordovician mantle-derived magmatism in the Santander Massif (Colombian Eastern Cordillera). *Journal of South American Earth Sciences*, 38, 1-12.
- Mantilla, L. C., Bissig, T., Valencia, V., & Hart, C. J. (2013). The magmatic history of the Vetas-California mining district, Santander massif, eastern Cordillera, Colombia. *Journal of South American Earth Sciences*, 45, 235-249.
- Miall, A. D. ,1977: *A review of the braided-river depositional environment*. Earth-Science. Rev, 13, 1-62.
- Miall, A.D., 1996. *The Geology of Fluvial Deposits: Sedimentary Facies, Basin Analysis and Petroleum Geology*. Toronto, Canada: Springer.
- Mora, A., Horton, B. K., Mesa, A., Rubiano, J., Ketcham, R. A., Parra, M., ... & Stockli, D. F. (2010). Migration of Cenozoic deformation in the Eastern Cordillera of Colombia interpreted from fission track results and structural relationships: Implications for petroleum systems. *AAPG bulletin*, 94(10), 1543-1580.
- Nanson, G. C., & Croke, J. C. (1992). A genetic classification of floodplains. *Geomorphology*, 4(6), 459-486.
- Nichols, G. (2009). *Sedimentology and stratigraphy*. West Sussex, United Kingdom: John Wiley & Sons.and son.
- Nie, J., Horton, B. K., Saylor, J. E., Mora, A., Mange, M., Garziona, C. N., ... & Parra, M. (2012). Integrated provenance analysis of a convergent retroarc foreland system: U–Pb ages, heavy

- minerals, Nd isotopes, and sandstone compositions of the Middle Magdalena Valley basin, northern Andes, Colombia. *Earth-Science Reviews*, 110(1), 111-126.
- Nilsen, T. H. (1982). Alluvial fan deposits. *AAPG Special Volumes* 58, 49-86.
- Niño, A. y Vargas, G. 1993. Modelo de evolución para el abanico de Bucaramanga. *Revista Facies. Universidad Industrial de Santander*, 2(1), 12-18.
- Porta, J. (1958). La terraza de Bucaramanga. *Boletín de Geología*; Vol. 3
- Restrepo-Pace, P. A., & Cediel, F. (2010). Northern South America basement tectonics and implications for paleocontinental reconstructions of the Americas. *Journal of South American Earth Sciences*, 29(4), 764-771.
- Sagripani, L., Bottesi, G., Kietzmann, D., Folguera, A., & Ramos, V. A. (2012). Mountain building processes at the orogenic front. A study of the unroofing in Neogene foreland sequence (37 S). *Andean Geology*, 39(2), 201-219.
- Solano, L. (2016). *Estudio de proveniencia de los sedimentos de la Formación Bucaramanga, al Sur del Rio Frío; En los municipios de Floridablanca y Girón, Santander* (Tesis Pregrado). Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia.
- Struth Izquierdo, L., (2016). *Drainage reorganization during Mountain building in the Eastern Cordillera of the Colombian Andes (Ph. D. Thesis)*. Universidad Autónoma de Barcelona, Barcelona, España.
- Universidad Nacional de Tucumán. (UDT). *Geología Sedimentaria y Sedimentología, Morfometría de gravas campo*, 2017.
- Ureña-Suarez, C. L., & Castrillon, C. A. Z. (2011). Petrografía del neis de Bucaramanga en cercanías a Cepitá, Berlín y Vetás–Santander. *Geología Colombiana*, 36, 37-55.

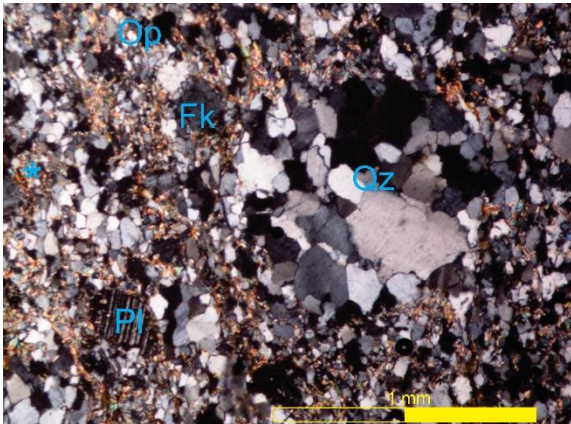
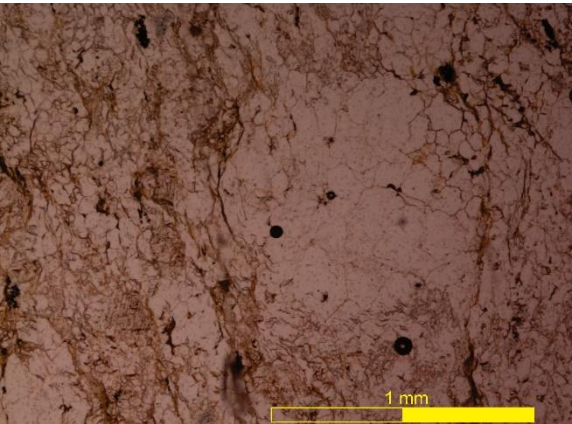
- Villar, A. G. (1996). Abanicos aluviales: aportación teórica a sus aspectos más significativos. *Cuatern. Geomorfol.*, 10(3-4), 77-124.
- Villagómez, D., Spikings, R., Magna, T., Kammer, A., Winkler, W., & Beltrán, A. (2011). Geochronology, geochemistry and tectonic evolution of the Western and Central cordilleras of Colombia. *Lithos*, 125(3), 875-896.
- Villarreal, C., y Mojica, J. (1988). El Paleozoico superior (Carbonífero-Pérmico) sedimentario de Colombia: Afloramientos conocidos y características generales. *Geología Colombiana*, 16, 81-87.
- Ward, D. E., Goldsmith, R., Jimeno, A., Cruz, J., Restrepo, H., & Gómez, E. (1973)<sub>2</sub>. Mapa Geológico de Colombia Cuadrángulo H-12, Bucaramanga.
- Ward, D. E., Goldsmith, R., Jimeno, A., Cruz, J., Restrepo, A., (1973)<sub>1</sub>. Geología de los cuadrángulos H-12 Bucaramanga y H-13 Pamplona, departamentos de Santander y Norte de Santander. *I ed: Bogotá, Boletín Geológico*, p. 132
- Zarza, A. M. A. (2010). Petrología sedimentaria. Notas de teoría. 6. Rocas detríticas. Componentes y caracterización de los distintos tipos. *Reduca (Geología)*, 2(3).

**Apéndices**

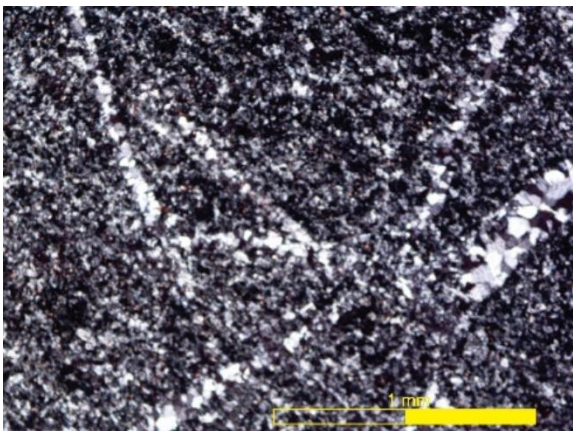
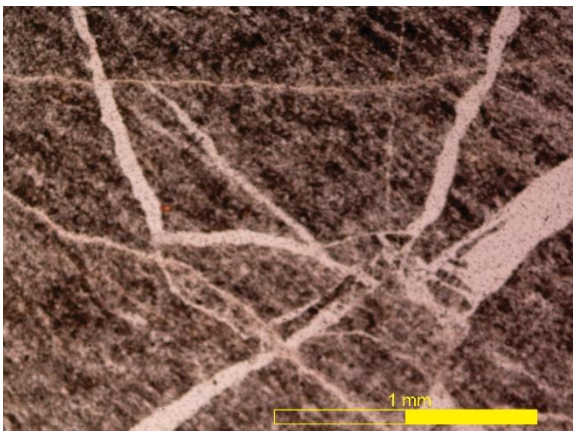
**Apéndice A: Secciones Estratigráficas Detalladas**

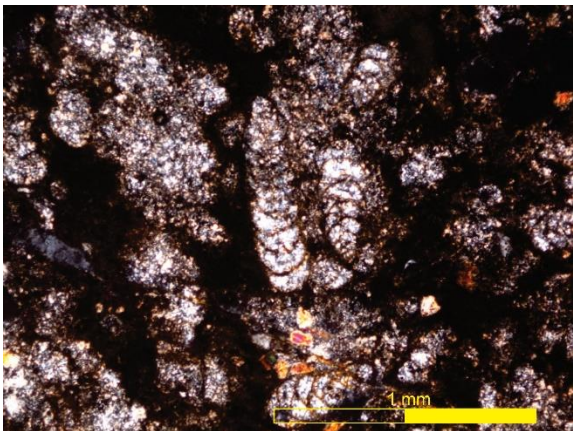
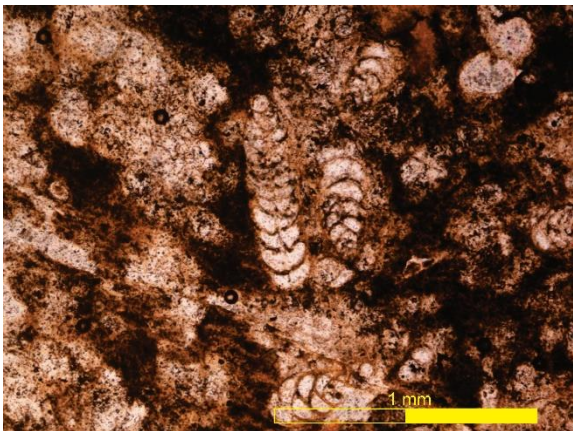
En carpeta comprimida en el CD

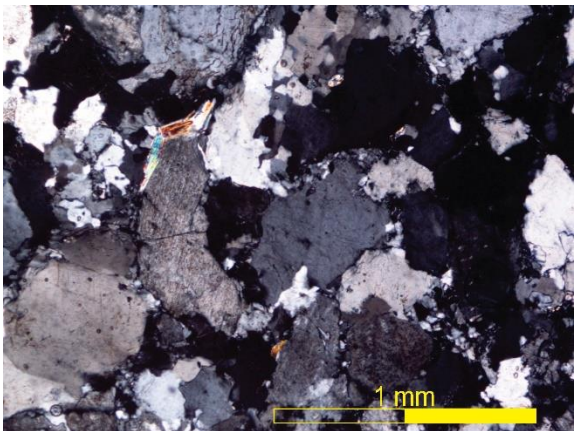
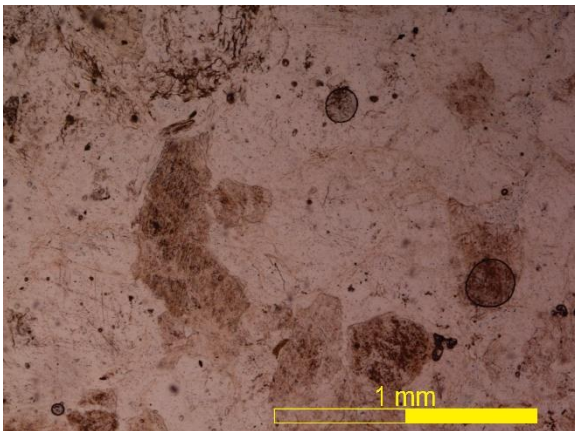
**Apéndice B: Anexo Petrografía**

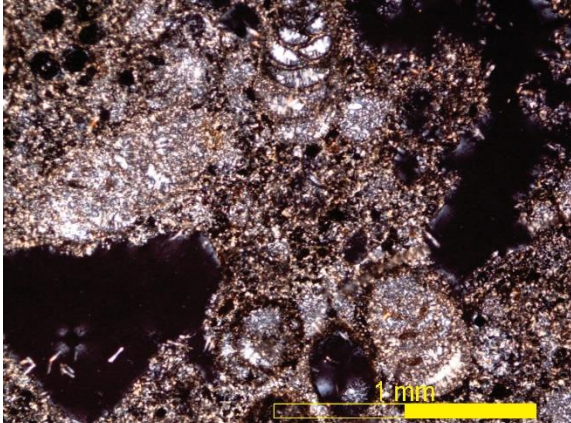
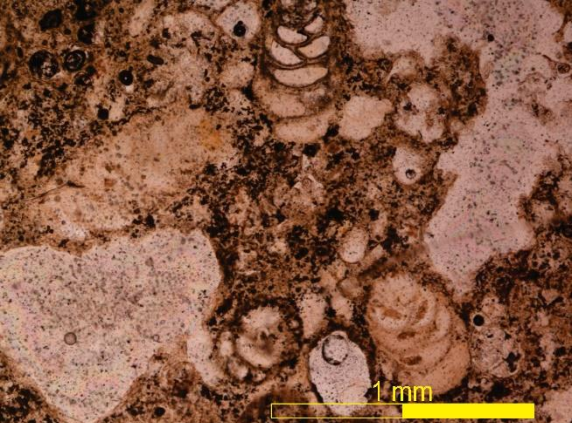
PETROGRAFIA DE CLASTOS DE LA FORMACION BUCARAMANGA			
MUESTRA	RG-B8	COLUMNA	RINCON DE GIRON
BASTON	8	CLASIFICACION	Esquisto
XPL		PPL	
			
MINERALES PRINCIPALES	%	MINERALES SECUNDARIOS	%
Cuarzo	65	Caolinita	2
Plagioclasa	5	Sericita	2
Feldespatos Alcalinos	4	Óxidos de Fe	2
Micas	20		
		MINERALES ACCESORIOS	%
		Opacos	> 1
DESCRIPCIÓN TEXTURAL Y COMPOSICIONAL			
<p>Roca metamórfica con tamaño de cristal muy fino. La forma de los porfidoblastos es idioblástica a hipidoblástica. La textura principal es lepidogranoblastica, donde la foliación se desarrolla principalmente en micas y óxidos de Fe, localmente se desarrolla textura poiquiloblastica. Se evidencian extinción ondulante en cuarzo, lamelas de deformación y fracturas intragranulares perpendiculares a la foliación principal. Se compone principalmente por cuarzo, plagioclasa y feldespatos alcalinos alterándose a caolinita y Sericita, micas y óxidos de Fe contenidos en la matriz, de tamaño de grano muy fino, lo cual dificulta la identificación. La paragénesis mineral es <math>Qz+Pl+Fk+Ms</math>, lo que evidencia facies esquistos verdes.</p>			
CLASIFICACIÓN DE LA ROCA			
Esquisto cuarzo micáceo de moscovita y clorita			
CATEGORIA			
ROCAS METAMÓRFICAS			

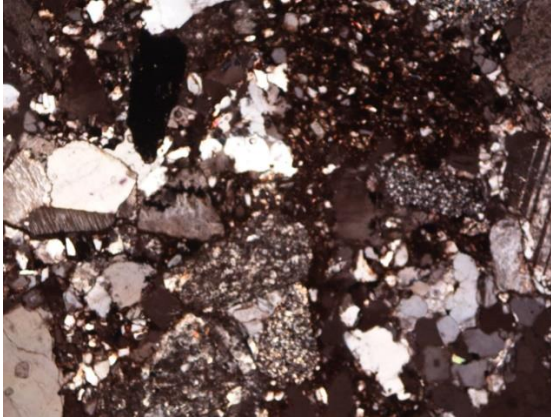
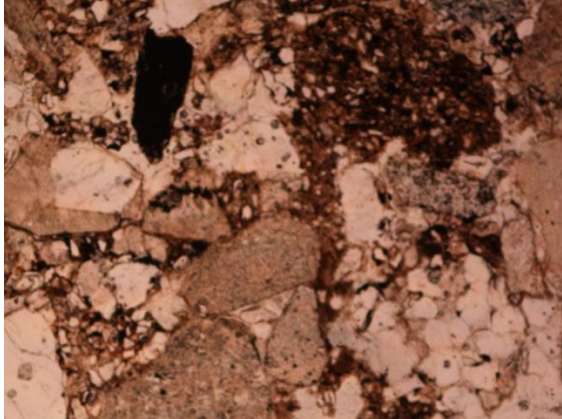
PETROGRAFIA DE CLASTOS DE LA FORMACION BUCARAMANGA			
MUESTRA	LBC-B3	COLUMNA	Ladrillera No 5
BASTON	3	CLASIFICACION	Riolita
XPL		PPL	
			
MINERALES PRINCIPALES	%	MINERALES SECUNDARIOS	%
Feldespatos Alcalinos	25	Cuarzo Secundario (Amigdaloides)	2
Plagioclasa	35	Óxidos	
Cuarzo	35	Caolinita	
Moscovita	3	Sericita	
		MINERALES ACCESORIOS	%
		Opacos	
DESCRIPCIÓN TEXTURAL Y COMPOSICIONAL			
<p>Roca ígnea volcánica con textura merocrystalina, matriz vítrea (40%) y microlitos (60%). Inequigranular seriada, con tamaño de fenocristales medio a fino y forma subhedral a anhedral. Mineralógicamente los fenocristales y microlitos se componen por feldespato alcalino, plagioclas, cuarzo primario y muscovita. Como minerales secundarios se encuentra caolinita y sericita producto de alteración de los feldespatos, cuarzo precipitado en las vaculas dando una estructura amigdaloides y Oxidos.</p> <p>Eventos posteriores a la cristalización de la roca dejan como evidencia venillas de micas y cuarzos con deformación ondulante y/o con lamelas de deformación.</p>			
CLASIFICACIÓN DE LA ROCA			
Riolita			
GRUPO			
GRANITO Y RIOLITAS			

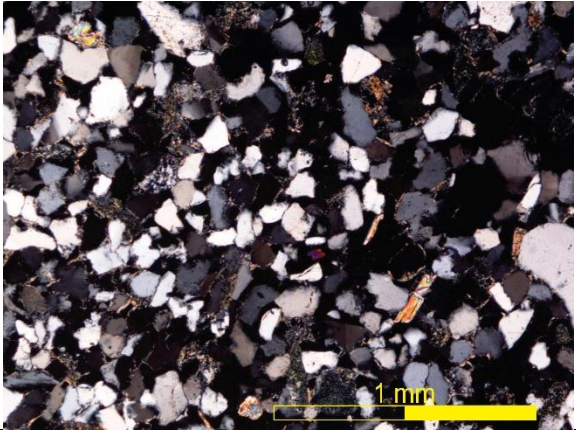
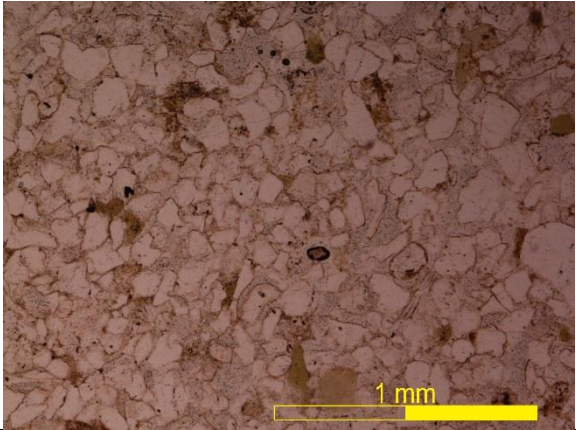
PETROGRAFIA DE CLASTOS DE LA FORMACION BUCARAMANGA			
MUESTRA	LBC-B3	COLUMNA	Ladrillera No 5
BASTON	8	CLASIFICACION	Meta-arenita
XPL		PPL	
			
MINERALES PRINCIPALES	%	MINERALES SECUNDARIOS	%
Cuarzo	80	Micas?	4
Opacos	16		
		MINERALES ACCESORIOS	%
DESCRIPCIÓN TEXTURAL Y COMPOSICIONAL			
De manera general la roca tiene tamaño de grano muy fina, la forma de los granos es subangular a subredondeados, bien calibrada, grano soportada. La croca corresponde a una meta arenita equigranular de protolito Cuarzoarenita, la cual ha sufrido procesos de deformación evidenciados por microestructuras como microgrietas de rellenas de cuarzo, cuarzoes con extinción ondulante y textura mortero.			
CLASIFICACIÓN DE LA ROCA			
Meta arenisca			
GRUPO			
ROCAS METAMORFICAS			


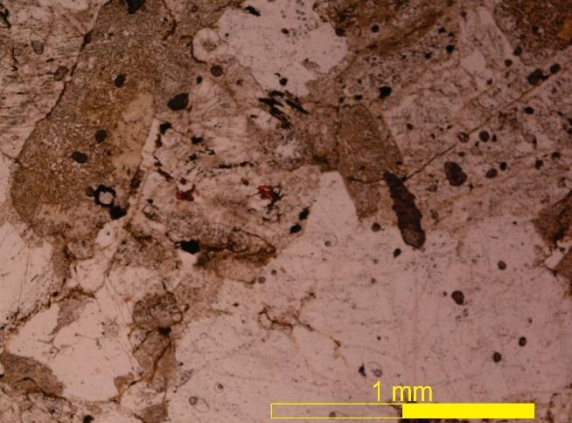
PETROGRAFIA DE CLASTOS DE LA FORMACION BUCARAMANGA			
MUESTRA	LBC-B2	COLUMNA	Ladrillera No 5
BASTON	2	CLASIFICACION	Chert
XPL		PPL	
			
MINERALES PRINCIPALES	%	MINERALES SECUNDARIOS	%
Foraminíferos	60		
Matriz Micrítica	30		
Cuarzo detrítico	10		
		MINERALES ACCESORIOS	%
DESCRIPCIÓN TEXTURAL Y COMPOSICIONAL			
<p>Roca sedimentaria calcárea clasificada texturalmente como Wakestones y composicionalmente como una biomicrita fuertemente silisificada. Los microfósiles de foraminiferos se encuentran embebidos en matriz micrítica con un alto porcentaje de remplazamiento por microcuarzo y calcedonia. Un alto porcentaje de los foraminiferos fueron sustituidos por cuarzo calcedonico.</p> <p>Un evento posterior de fracturamiento en la roca deja como evidencia venillas rellenas de carbonatos.</p>			
CLASIFICACIÓN DE LA ROCA			
Chert calcario con foraminiferos			
GRUPO			
CHERT			

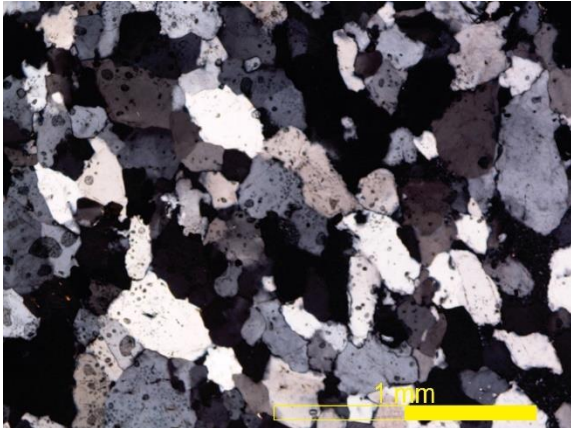
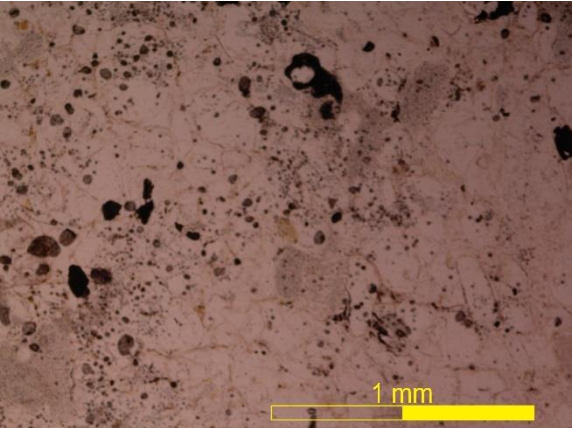
PETROGRAFIA DE CLASTOS DE LA FORMACION BUCARAMANGA			
MUESTRA	RG-B35	COLUMNA	Rincón de Girón
BASTON	35	CLASIFICACION	Granito
XPL		PPL	
			
MINERALES PRINCIPALES	%	MINERALES SECUNDARIOS	%
Cuarzo	52	Caolinita	
Plagioclasa	13	Sericita	
Feldespato alcalino	32		
Moscovita	3		
		MINERALES ACCESORIOS	%
DESCRIPCIÓN TEXTURAL Y COMPOSICIONAL			
<p>Roca ígnea intrusiva, holocristalina con textura fanerítica, inequigranular bimodal, con microtextura pertítica y miermequitica tamaño de cristal fino a medio y forma de cristales subhedrales a anhedrales. Se compone principalmente por cuarzo, feldespatos (plagioclasa y alcalino) alterándose a sericita y caolinita y muscovita alterándose a clorita.</p> <p>Eventos de deformación posteriores a la cristalización de la roca dejan como evidencia fracturas en los cristales que componen la roca.</p>			
CLASIFICACIÓN DE LA ROCA			
Sienogranito con muscovita			
GRUPO			
GRANITO Y RIOLITA			

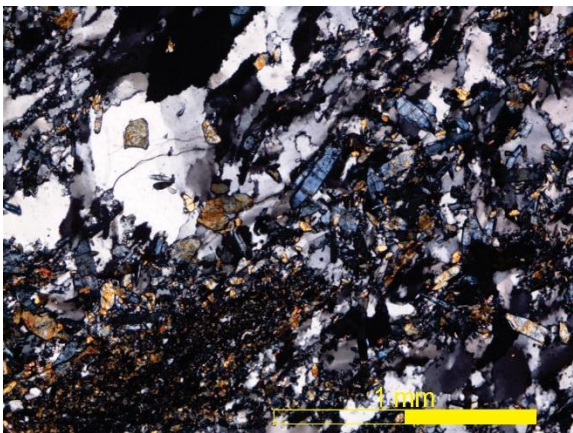
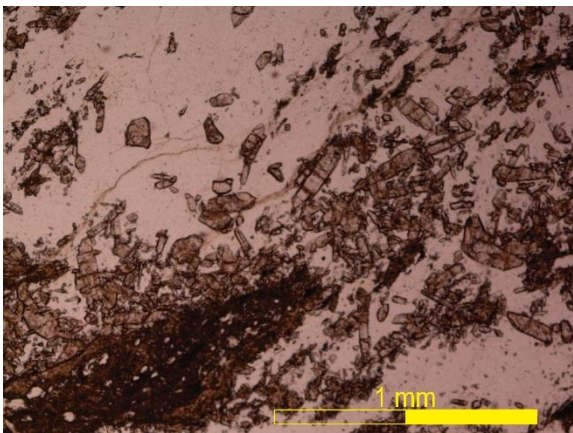
PETROGRAFIA DE CLASTOS DE LA FORMACION BUCARAMANGA			
MUESTRA	LBC-B3	COLUMNA	Ladrillera No 5
BASTON	3	CLASIFICACION	Chert
XPL		PPL	
			
MINERALES PRINCIPALES	%	MINERALES SECUNDARIOS	%
Foraminíferos	70	Opacos	5
Matriz carbonatica	25		
		MINERALES ACCESORIOS	%
DESCRIPCIÓN TEXTURAL Y COMPOSICIONAL			
<p>Roca sedimentaria calcárea clasificada texturalmente como Wakestones y composicionalmente como una biomicria de foraminiferos fuertemente silisificada. Los microfósiles se encuentran embebidos en matriz micritica con un alto porcentaje de remplazamiento por microcuarzo y calcedonia. Un alto porcentaje de los foraminiferos fueron sustituidos por cuarzo microcristalino o calcedonico.</p>			
CLASIFICACIÓN DE LA ROCA			
Chert calcareo con foraminíferos			
GRUPO			
CHERT			

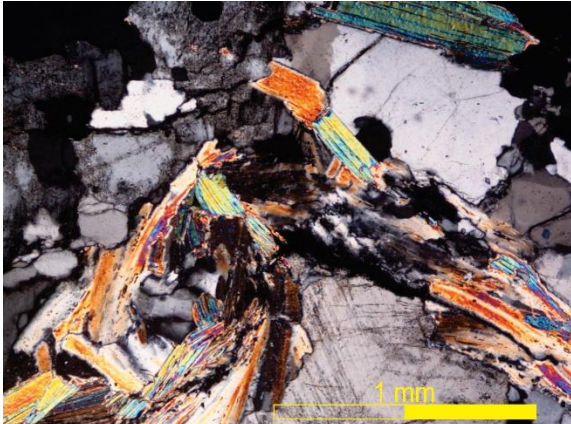
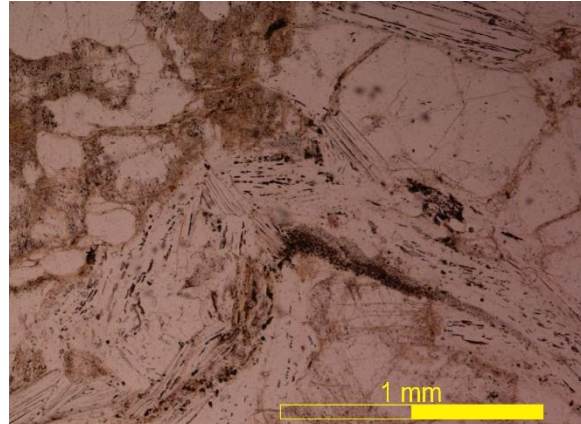
PETROGRAFIA DE CLASTOS DE LA FORMACION BUCARAMANGA			
MUESTRA	CAN-B12	COLUMNA	CANTALA
BASTON	12	CLASIFICACION	ARENITA ROJA
XPL		PPL	
			
MINERALES PRINCIPALES	%	MINERALES SECUNDARIOS	%
Cuarzo	47		
Feldespatos	38		
Fragmentos de roca	14		
Clorita	1		
		MINERALES ACCESORIOS	%
		Circon	>1
DESCRIPCIÓN TEXTURAL Y COMPOSICIONAL			
Arenita lodosa rojiza de grano medio muy mal seleccionada con granos subangulares a subredondeados en contacto longitudinal principalmente. Matriz arcillosa. Se compone principalmente por cuarzo y feldespatos principalmente. Como mineral accesorio se identifican circones.			
CLASIFICACIÓN DE LA ROCA			
Litoarenita lodosa feldespática			
GRUPO			
SEDIMENTARIAS ROJAS			





PETROGRAFIA DE CLASTOS DE LA FORMACION BUCARAMANGA			
MUESTRA	CAN-B11	COLUMNA	CANTALA
BASTON	B11	CLASIFICACION	ARENITA GLAUCONITICA
XPL		PPL	
			
MINERALES PRINCIPALES	%	MINERALES SECUNDARIOS	%
Cuarzo	88	Sericita	
Feldespatos	2	Caolinita	
Fragmentos de roca	2		
Moscovita	3		
Glauconita	5		
		MINERALES ACCESORIOS	%
		Circón	> 1
		Turmalina	> 1
DESCRIPCIÓN TEXTURAL Y COMPOSICIONAL			
Arenita de grano medio, bien seleccionada con granos bien redondeados a sub redondeados en contacto longitudinal principalmente. Matriz arcillosa y cemento síliceo con bordes de sobrecrecimiento en los granos de cuarzo. Se compone principalmente por cuarzo y glauconita con menor porcentaje de feldespatos alterados a caolinita y sericita, fragmentos de roca y moscovita. y como mineral accesorio turmalina y circón.			
OTRAS CARACTERÍSTICAS			
Localmente se encuentra oxidada la glauconita, aunque predomina los minerales sin alteración.			
CLASIFICACIÓN DE LA ROCA			
Cuarzoarenita glauconítica			
GRUPO			
ARENITAS GLAUCONITICAS			





PETROGRAFIA DE CLASTOS DE LA FORMACION BUCARAMANGA			
MUESTRA	CAN-B9	COLUMNA	CANTALA
BASTON	9	CLASIFICACION	ARCOSA
XPL		PPL	
			
MINERALES PRINCIPALES	%	MINERALES SECUNDARIOS	%
Cuarzo	60		
Feldespatos	25		
Fragmentos de roca	8		
Muscovita	7		
		MINERALES ACCESORIOS	%
		Oxidos	> 1
DESCRIPCIÓN TEXTURAL Y COMPOSICIONAL			
Arenita de grano medio, moderadamente seleccionada con granos sub redondeados en contacto puntual a longitudinal. Matriz arcillosa y cemento síliceo. Se compone principalmente por cuarzo, feldespatos, fragmentos de roca y muscovita. Los feldespatos se están alterando a serisita y caolinita y la muscovita está alterando a serisita.			
CLASIFICACIÓN DE LA ROCA			
Texturalmente: Arenita y composicional: Arcosa.			
GRUPO			
ARENITA BLANCA			

PETROGRAFIA DE CLASTOS DE LA FORMACION BUCARAMANGA			
MUESTRA	CAN-B8	COLUMNA	CANTALÁ
BASTON	8	CLASIFICACION	ARENITA GLAUCONITICA
XPL		PPL	
			
MINERALES PRINCIPALES	%	MINERALES SECUNDARIOS	%
Cuarzo	87	Óxidos	
Feldespatos	2	Caolinita	
Fragmentos de roca	1	Sericita	
Glauconita	10		
		MINERALES ACCESORIOS	%
		Circón	> 1
		Turmalina	> 1
DESCRIPCIÓN TEXTURAL Y COMPOSICIONAL			
Arenita de grano fino muy bien seleccionada con granos bien redondeados a sub redondeados en contacto longitudinal principalmente. Matriz arcillosa y cemento síliceo con bordes de sobrecrecimiento en los granos de cuarzo. Se compone principalmente principalmente por cuarzo. Los minerales accesorios con turmalina y circón.			
CLASIFICACIÓN DE LA ROCA			
Cuarzo arenita glauconitoica			
GRUPO			
ARENITA GLAUCONITICA			





PETROGRAFIA DE CLASTOS DE LA FORMACION BUCARAMANGA			
MUESTRA	CAN-10	COLUMNA	CANTALA
BASTON	10	CLASIFICACION	Esquisto
XPL		PPL	
			
MINERALES PRINCIPALES		%	MINERALES SECUNDARIOS
Cuarzo	73		%
Clinozoisita	15		
Anfíboles	5		
Epidota	5		
Plagioclasa	2		
		MINERALES ACCESORIOS	%
		Oxidos	> 1
DESCRIPCIÓN TEXTURAL Y COMPOSICIONAL			
<p>Roca metamórfica foliada, con tamaño de cristal medio. La forma de los porfidoblastos es idioblástica en los anfíboles y epidota e hipideoblásticos en el cuarzo y feldespato. La textura principal es nematogranoblastica. Se evidencian extinción ondulosa en cuarzos, bordes de sobreecimiento y microgrietas rellenas de cuarzo. Se compone principalmente por cuarzo, plagioclasa, clonozoisita, anfíboles y epidota. La paragénesis mineral es <math>Qz+Ep+Aph</math>, lo que evidencia facies anfibolita baja</p>			
CLASIFICACIÓN DE LA ROCA			
Esquisto de cuarzo, epidota y anfíbol.			
GRUPO			
ROCAS METAMÓRFICAS			

PETROGRAFIA DE CLASTOS DE LA FORMACION BUCARAMANGA			
MUESTRA	CAN-B9	COLUMNA	Cantala
BASTON	9	CLASIFICACION	Granito
XPL		PPL	
			
MINERALES PRINCIPALES	%	MINERALES SECUNDARIOS	%
Cuarzo	29	Clorita	
Plagioclasa	28	Sericita	
Feldespatos alcalinos	18	Caolinita	
Muscovita	14		
Clorita	7		
Microclina	4		
		MINERALES ACCESORIOS	%
		Granate	> 1
		Circon	> 1
		Oxidos de Fe	
DESCRIPCIÓN TEXTURAL Y COMPOSICIONAL			
<p>Roca ígnea intrusiva, holocristalina con textura fanerítica, inequigranular, con microtextura miermequitica. tamaño de cristal grueso a muy grueso y forma de cristales subhedrales a ehedrales.                      Se compone principalmente por cuarzo, feldespatos alterándose a sericita y caolinita y moscovita alterándose a clorita y clorita primaria.</p>			
CLASIFICACIÓN DE LA ROCA			
Cuarzo monzonita			
GRUPO			
GRANITO Y RIOLITA			

Código	descripción	FOTO	Categoría
LBC-B1	<p>El clasto es de color rosado, redondeado, cristales de tamaño medio y fino que se componen de cuarzo, feldespatos, minerales arcillosos, mica moscovita y algunos cristales negros muy finos. La muestra aún conserva cierta orientación en los cristales, se encuentra poco meteorizada y su porosidad es mínima. El clasto se clasifico como ortoneis rosado.</p>		<p>Rocas Metamórficas</p>
LBC-B6	<p>El clasto es de color beige, subredondeado, el tamaño de grano es medio, se compone en su mayoría de cuarzo; con minerales arcillosos, algunas micas moscovitas y unos granos finos de color negro. La muestra tiene meteorización media y se clasifica como una Arenita cuarzosa.</p>		<p>Areniscas Blancas</p>
LBC-B7	<p>El clasto es de color blanco, redondeado, tamaño de grano medio que se compone de cuarzo, glauconita, mica moscovítica y minerales arcillosos. Los granos son redondeados y tiene poca porosidad. Se clasifica como arenisca cuarzosa glauconita</p>		<p>Arenita Glauconítica</p>
LBC-B8	<p>El clasto es de color rojo violáceo, muy bien redondeado, el cual posee granos de tamaño fino en la matriz y conglomerados subangulares de tamaño granular a guijas mal seleccionadas, de composición principalmente de cuarzo y cuarcitas, no presenta evidencia de meteorización y baja porosidad. El clasto se clasificó como <b>Litoarenita conglomerática roja.</b></p>		<p>Sedimentarias Rojas</p>

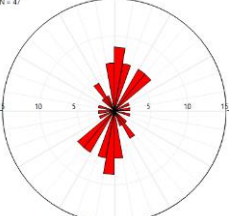
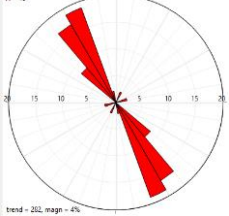
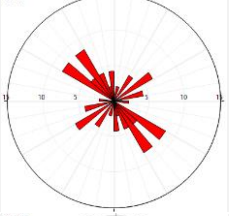
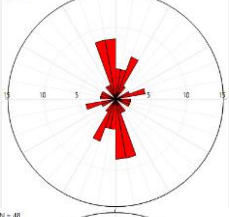
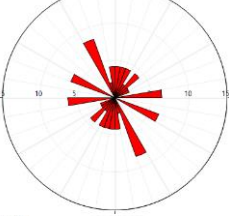
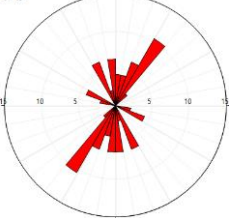
LBC-B10	<p>El clasto es de color blanco-gris, subredondeado, cristales de tamaño fino subangulares que se componen de cuarzo (90%), feldespatos (8%) y porosidad (2%). La muestra tiene meteorización media asociada a una oxidación. El clasto se clasifica como cuarcita.</p>		Rocas Metamórficas
LBC-B16	<p>El clasto es de color negro en la parte interna y hacia los bordes de color beige, es subredondeado y el tamaño de grano no se puede percibir en lupa de mano. La muestra tiene un brillo sedoso en la parte oscura, tiene posibles ichnofosiles de foraminiferos. Se hizo la aproximación a clasificación de la muestra como un chert intercalado con arcillolita beige, o chert meteorizado.</p>		Chert
LBC-B16A	<p>El clasto es de color beige, redondeado, tamaño de grano que varía de conglomerático-guija subangular a arena gruesa moderadamente seleccionada que conforma la matriz. Los conglomerados son de cuarzo, chert, cuarcita, entre otros, también se distinguen algunas micas en pequeña cantidad. Se clasificó como cuarzo arenita conglomerática</p>		Areniscas Blancas
LBC-36	<p>El clasto es de color blanco, redondeado, , tamaño de grano medio, poca meteorización, se compone en su mayoría de cristales de cuarzo (96%), mica moscovita (2%) y en menor cantidad de minerales arcillosos que componen parte de la matriz de la roca, aproximadamente se clasificó como cuarzoarenita</p>		Areniscas Blancas

CAN-B7	<p>El clasto es de color beige en la superficie, con intercalaciones entre negro y beige en la parte interior de la roca, el tamaño de grano no se puede percibir en lupa de mano, presenta posibles ichnofosiles de foraminiferos, la muestra no tiene brillo, con meteorización media. La muestra se clasifica como intercalación de chert con arcillolita/porcelanita o chert meteorizado.</p>		Chert
CAN-B9 <sub>1</sub>	<p>El clasto es de color rojo, redondeado, el tamaño de grano es fino, los granos son subredondeados, la muestra se compone en mayoría por minerales arcillosos, algunos granos de cuarzo, feldespatos y micas. La muestra tiene una meteorización media y presencia de oxidación ferruginosa. Se clasificó como Arenita de grano fino.</p>		Sedimentarias Rojas
CAN-B9 <sub>2</sub>	<p>El clasto es de color rosado, es subredondeado, tamaño de cristales medio, se compone de cuarzo feldespatos, micas y unos granos negros, la muestra esta bien compactada, altamente meteorizada y se infiere que el protolito es un granito. La muestra se clasifica como un Ortoneis rosado.</p>		Rocas Metamórficas
CAN-B10	<p>El clasto es bien redondeado, de tamaño de grano de conglomerático de guijas bien redondeadas, matriz soportadas, con matriz arenosa de tamaño grueso moderadamente seleccionada, los conglomerados se componen de cuarcitas, cuarzofeldespatos y arenitas silíceas bien cementadas. Se clasificó la muestra como un conglomerado</p>		Areniscas Blancas

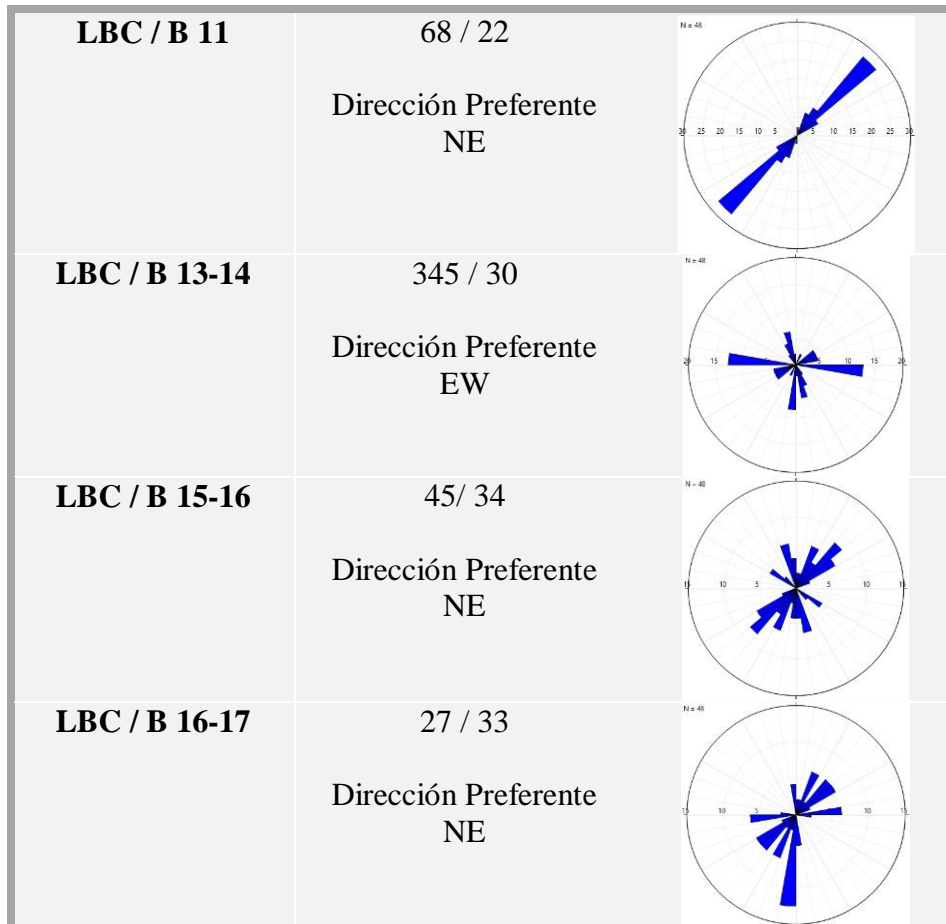
CAN-B12 <sub>1</sub>	El clasto es de color rojo, redondeado, tamaño de grano que varía entre conglomerático granular y arena media. Los granos son subredondeados, bien cementados y con un porcentaje aproximado de porosidad de 3%. Los granos se componen de cuarzo, minerales arcillosos y mica moscovita. La muestra presenta meteorización media y oxidación ferruginosa. La muestra se clasifico como arenita conglomerática roja		Sedimentarias Rojas
CAN B12 <sub>2</sub>	El clasto es de color blanco grisáceo, con cristales subhedrales, fanerítico, los minerales identificados son el cuarzo, abundante plagioclasa y feldespato potásico en menor proporción. El grado de meteorización que presenta el clasto es alto. El clasto se clasifica proveniente de una roca llamada Granito Blanco.		Granito y Riolitas
RG-B27	El clasto es de color rosado, redondeado, cristales de tamaño fino a muy fino, que se componen de cuarzo, feldespatos, minerales arcillosos, mica moscovita y algunos cristales negros muy finos. La muestra aún conserva cierta orientación en los cristales y foliación, se encuentra poco meteorizada y su porosidad es mínima. El clasto se clasifico como ortoneis rosado.		Rocas Metamórficas
RG-29	El clasto es de color pardo claro, muy bien redondeado, con minerales laminados asociados a micas de muscovita, con textura foliada y brillo vítreo. El clasto presenta una alteración alta que impide reconocer minerales representativos. El clasto se clasificó como Esquistó micáceo.		Rocas Metamórficas

RG-32	<p>El clasto es de color rojizo, subredondeada con algunos bordes angulares, el tamaño de grano es fino, se compone de minerales arcillosos, mica moscovita y cuarzo, la muestra se encuentra altamente meteorizada, presenta signos de oxidación, los granos son subredondeados, la muestra se encuentra regularmente calibrada y es porosa. Se clasificó como una lodolita</p>		Sedimentarias Rojas
RG-33	<p>El clasto es de color blanco grisáceo, con cristales subhedrales, fanerítico, los minerales identificados son el cuarzo, abundante plagioclasa y feldespato potásico en menor proporción. El grado de meteorización que presenta el clasto es medio. El clasto se clasifica proveniente de una roca llamada Granito Blanco.</p>		Granito y Riolitas

**Apéndice C: Paleocorrientes**

Ubicación	Plano de Imbricación	Dispersión de datos
<b>RG / B 7-8</b>	205 / 41  Dirección Preferente NE	<p>N = 47</p> 
<b>RG / B 13-14</b>	190 / 45  Dirección Preferente NW	<p>trend = 017, magn = 8%</p> <p>N = 49</p> 
<b>RG / B 27-28</b>	325 / 5  Dirección Preferente NW	<p>trend = 282, magn = 4%</p> <p>N = 48</p> 
<b>RG / B 30-31</b>	335 / 20  Dirección Preferente NS	<p>N = 48</p> 
<b>RG / B 33</b>	340 / 65  Dirección Preferente NW	<p>N = 48</p> 
<b>RG / B 34-35</b>	33 / 35  Dirección Preferente NE	<p>N = 48</p> 

<b>CAN / B 7-8</b>	32 / 33 Dirección Preferente NE	N = 43 
<b>CAN / B 14</b>	340 / 38 Dirección Preferente NS	N = 46 
<b>LCB / B 1-2</b>	35 / 49 Dirección Preferente NE	N = 48 
<b>LBC / B 3-4</b>	145 / 40 Dirección Preferente NW	N = 48 
<b>LBC / B 5-6</b>	30 / 32 Dirección Preferente NS	N = 48 
<b>LBC / B 7-8</b>	170 / 46 Dirección Preferente NW-NE	N = 48 
<b>LBC / B 9</b>	24 / 36 Dirección Preferente NE	total = 332, magn = 6% N = 48 



MEDICIONES DE PALEOCORRIENTES E IMBRICACION DE CLASTOS

**RINCON DE GIRON (RG)**

1. RG Bastón 7-8

A (mayor)	B (intermedio)	C (menor)	Dirección Az	Eje Imbricado	Dirección paleocorriente
4		3	0	A	NS
10		7	355	A	NNW
7		4	15	A	NNE
	7	2	40	B	NW
	5	5	55	B	NW
6	5		5	A	NNE
11	5		60	A	NE
8		5	35	A	NE
	5	3	55	B	NW
7		3	15	A	NE
11		6	15	B	EW

<b>14</b>		3	5	A	NNE
<b>11</b>		6	5	A	NNE
<b>13</b>		5	30	A	NE
<b>10</b>		3	30	A	NE
<b>6</b>		2	15	A	NE
	4	2	80	B	NNW
<b>16</b>		8	85	A	EW
	6	5	65	B	NW
	5	3	80	B	NNW
<b>7</b>		3	45	A	NE
<b>11</b>		6	40	A	NE
<b>5</b>	3		40	A	NE

## 2. RG Bastón 13-14

A (mayor)	B (intermedio)	C (menor)	Dirección Az	Eje Imbricado	Dirección paleocorriente
<b>13</b>		6	160	A	NNW
<b>10</b>		3	140	A	NW
<b>7</b>		2	315	A	NE
<b>9</b>		3	315	A	NE
<b>23</b>		9	310	A	NE
<b>11</b>		4	330	A	NE
<b>11</b>		2	145	A	NW
<b>7</b>		3	155	A	NW
<b>11</b>		3	150	A	NW
<b>10</b>		4	330	A	NE
<b>11</b>		4	320	A	NE
<b>14</b>		4	310	A	NE
<b>12</b>		4	320	A	NE
<b>20</b>		6	145	A	NW
<b>12</b>		4	110	B	NE
<b>9</b>		4	140	A	NW
	9	6	160	B	NEE
<b>7</b>		3	155	A	NW
<b>18</b>		7	150	A	NW
<b>12</b>		4	150	A	NW
<b>13</b>		9	155	A	NW
<b>15</b>		7	150	A	NW
<b>11</b>		4	145	A	NW
<b>15</b>		4	145	A	NW

## 3. RG Bastón 27-28

A (mayor)	B (intermedio)	C (menor)	Dirección Az	Eje Imbricado	Dirección paleocorriente
	22	14	320	B	NE
<b>15</b>	10		130	A	NW
<b>22</b>	13		120	A	NW
<b>14</b>		5	140	A	NW
<b>13</b>		4	120	A	NW
<b>17</b>	10		125	A	NW
<b>14</b>		6	320	A	NW
<b>21</b>		10	330	A	NW
<b>18</b>		5	270	A	EW
<b>12</b>		5	125	A	NW
	19	8	320	B	NE
<b>12</b>		5	320	A	NW
	12	4	105	B	NNE
	12	6	120	B	NE
	13	4	125	B	NE
<b>25</b>		12	140	A	NW
<b>9</b>		5	170	A	NNW
<b>7</b>		2	174	A	NNW
<b>18</b>		7	130	A	NW
	4	2	140	B	NE
	7	2	140	B	NE
	6	2	140	B	NE
	16	5	75	B	NW
<b>18</b>		8	150	A	NW

## 4. RG Bastón 30-31

A (mayor)	B (intermedio)	C (menor)	Dirección Az	Eje Imbricado	Dirección paleocorriente
<b>7</b>		3	190	A	NE
<b>7</b>		1,5	196	A	NE
<b>25</b>		11	30	A	NE
<b>7</b>		3	25	A	NE
<b>19</b>		8	2	A	NNE
<b>11</b>	5		115	A	NW
<b>15</b>		2	108	A	NW
<b>6</b>		2	25	A	NE
<b>5</b>		1	22	A	NE

<b>4,5</b>		1	5	A	NNE
<b>14</b>		7	178	A	NE
<b>10</b>		5	150	A	NW
	7	4	160	A	NW
<b>14</b>		6	60	A	NE
<b>7</b>	6		55	B	EW
<b>14</b>		7	70	A	NE
	5	3	70	B	NW
	4	1	70	B	NW
	10	5	80	B	NNW
<b>14</b>		6	70	A	NE
	5	3	85	B	NS
	5	2	83	B	NS
	4	1	5	B	EW
	10	5	79	B	NNE

## 5. RG Bastón 33

A (mayor)	B (intermedio)	C (menor)	Dirección Az	Eje Imbricado	Dirección paleocorriente
	16	7	91	B	NS
<b>15</b>		3	155	A	NW
<b>17</b>		9	170	A	NS
<b>22</b>	13		310	B	NW
	8	4	65	B	NW
<b>11</b>		8	290	A	NW
	16	9	280	B	NNE
	8	3,5	270	B	NS
	8	4	290	B	NNE
<b>20</b>		5	295	A	NW
<b>14</b>		9	245	A	NE
<b>17</b>		8	330	A	NW
<b>17</b>		7	260	A	EW
<b>16</b>		6	265	A	EW
<b>13</b>		5	290	A	NW
	25	10	240	B	NW
<b>21</b>		6	230	A	NE
	9	4	300	B	NE
	4,5	1,5	115	B	NE
<b>14</b>		6	40	A	NE
	10	5	70	B	NW
<b>24</b>		11	260	A	EW

	13	8	265	B	NS
	5	2	280	B	NE

## 6. RG Bastón 34-35

A (mayor)	B (intermedio)	C (menor)	Dirección Az	Eje Imbricado	Dirección paleocorriente
<b>18</b>		5	360	A	NS
<b>19</b>	11		350	A	NS
<b>12</b>		4	335	A	NW
<b>6</b>	2,5		350	A	NNW
<b>14</b>	8		350	A	NNW
	29	13	240	B	NW
	6,5	5,5	275	B	NNE
<b>15</b>		6	290	A	NW
<b>16</b>		5	280	A	NW
	6,5	7,5	275	B	NNE
<b>5,6</b>		4	30	A	NE
	8,5	2	290	B	NNE
<b>11</b>		6	20	A	NE
<b>19</b>		4,5	14	A	NNE
<b>1'</b>	5	4	25	B	EW
<b>20</b>		9	40	A	NE
<b>13</b>		6	30	A	NE
	3	2	115	B	NE
<b>20</b>		5	342	A	NW
<b>17</b>		4	155	A	NW
<b>7</b>		3	210	A	NE
<b>20</b>		3	214	A	NE
<b>10</b>		2	214	A	NE
<b>7</b>		3	15	A	NNE

## SECCIÓN CANTALÁ (CAN)

## 7. CAN Bastón 7-8

A (mayor)	B (intermedio)	C (menor)	Dirección Az	Eje Imbricado	Dirección paleocorriente
	20	14	80	B	NE
<b>15</b>	10		105	B	NW
<b>22</b>	18	13	97	B	NW
<b>14</b>	13	5	107	B	NW
<b>13</b>	10	4	95	B	NW

<b>17</b>	10		126	A	NW
	14	6	110	B	NW
	21	10	115	B	NW
	18	5	102	B	EW
	12	5	105	B	NW
	19	8	70	B	NE
	12	5	110	B	NW
<b>10</b>		4	125	A	NNE
	12	6	100	B	NE
	14	4	75	B	NE
	25	12	70	B	NW
<b>9</b>		5	113	A	NNW
	7	2	100	B	NNW
	18	7	105	B	NW
	5	2	85	B	NE
<b>7</b>		2	130	A	NE
	8	2	110	B	NE
	17	5	80	B	NW
<b>18</b>		8	145	A	NW

## 8. CAN Bastón14

A (mayor)	B (intermedio)	C (menor)	Dirección Az	Eje Imbricado	Dirección paleocorriente
<b>18</b>		10	335	A	NNE
<b>22</b>		12	345	A	NNE
<b>12</b>		6	350	A	NNE
<b>23</b>	14		350	A	NNW
<b>24</b>		12	340	A	NNW
<b>14</b>		4	0	A	NNE
<b>17</b>		6	0	A	NNE
<b>16</b>		7	8	A	NNE
<b>24</b>		8	10	A	NNE
<b>28</b>		14	350	A	NNW
<b>10</b>		4	15	A	NNE
<b>10</b>		3	0	A	NNE
<b>10</b>		3	350	A	NNW
<b>8</b>		3	15	A	NNE
<b>12</b>		4	0	A	NNE
<b>11</b>		10	350	A	NNW
<b>17</b>		7	340	A	NNW

17	8	340	A	NNW
12	5	325	A	NNW
12	4	340	A	NNW
12	5	330	A	NNW
11	4	330	A	NNW
14	8	0	A	NNE
15	5	345	A	NNW

**LADRILLERA No 5-6 (LBC)**

## 9. LBC Bastón 1-2

A (mayor)	B (intermedio)	C (menor)	Dirección Az	Eje Imbricado	Dirección paleocorriente
45		26	35	A	NE
25		6	30	A	NE
36		7	60	A	NE
29		13	35	A	NE
20		6	45	A	NNE
20		9	15	A	NNE
30		15	17	A	NNE
16		7	5	A	NNE
17		7	25	A	NE
12		4	20	A	NE
16		7	20	B	NW
13		9	30	A	NE
	4	2	5	B	EW
12		4	45	A	NE
14		7	35	A	NE
7			33	A	NE
5		2	30	A	NE
7	4	3	30	A	NE
10		5	20	A	NE
9		5	25	A	NE
17		13	20	A	NE
17		5	20	A	NE
29		13	20	A	NE
14		7	30	A	NE

## 10. LBC Bastón 3-4

A (mayor)	B (intermedio)	C (menor)	Dirección Az	Eje Imbricado	Dirección paleocorriente
--------------	-------------------	--------------	-----------------	------------------	--------------------------

<b>17</b>		5	75	A	NE
<b>9</b>		4	82	A	NE
	15	7	60	B	NW
	20	6	115	B	NE
	7	4	66	B	NW
<b>13</b>		5	90	A	EW
<b>11</b>		5	90	A	EW
	14	8	80	B	NNW
<b>7</b>		4	75	A	NE
	5	2	140	B	NE
<b>6</b>		4	85	B	NS
	6	3	87	B	NS
<b>5</b>		3	150	A	NW
	6	2	60	B	NW
<b>11</b>		4	60	B	NW
<b>22</b>		11	110	B	NNE
<b>26</b>		7	70	A	NW
<b>16</b>		9	175	A	NNW
<b>12</b>		4	5	A	NNE
<b>16</b>		4	178	A	NNW
<b>9</b>		4	12	A	NNE
<b>10</b>		2	21	A	NNE
<b>9</b>		3	178	A	NNW
<b>9</b>		3	4	A	NNE

## 11. LBC Bastón 5-6

A (mayor)	B (intermedio)	C (menor)	Dirección Az	Eje Imbricado	Dirección paleocorriente
<b>7</b>		3	174	A	NNW
<b>9</b>		3	155	A	NW
<b>13</b>		3	160	A	NW
<b>7</b>		2	155	A	NW
<b>5</b>		1	190	A	NNE
<b>13</b>		5	150	A	NW
	8	2	89	B	NS
	10	4	93	B	NS
<b>9</b>		4	30	A	NE
<b>13</b>		4	140	A	NW
<b>7</b>		2	38	A	NE
<b>11</b>		4	100	A	EW
<b>15</b>		4	10	A	NNE

<b>17</b>		7	20	A	NNE
	7	5	65	B	NW
<b>12</b>		4	40	A	NNE
<b>7</b>		3	14	A	NNE
<b>15</b>		6	17	A	NE
<b>24</b>		11	27	A	NE
<b>9</b>		5	32	A	NE
	5	3	70	B	NNW
	2	0,7	80	B	NNW
<b>9</b>		2	90	A	NS
<b>7</b>		2	24	A	NE

## 12. LBC Bastón 7-8

A (mayor)	B (intermedio)	C (menor)	Dirección Az	Eje Imbricado	Dirección paleocorriente
<b>24</b>		6	170	A	NNW
	8	5	86	B	NNW
<b>17</b>		6	34	A	NE
	16	10	85	B	NNW
	14	8	74	B	NNW
	9	5	68	B	NW
	14	4	79	B	NW
<b>14</b>		6	80	A	EW
<b>14</b>		8	32	A	NE
<b>20</b>		8	35	A	NE
<b>27</b>		8	66	A	NE
<b>25</b>		9	30	A	NE
<b>23</b>	10		15	A	NNE
<b>23</b>	16		45	A	NE
	9	3	90	B	NS
	17	7	70	B	NW
<b>17</b>		6	46	A	NE
<b>35</b>		15	65	B	NW
	27	17	70	B	NNW
<b>30</b>		18	30	A	NE
<b>28</b>		5	40	A	NE
	17	9	65	B	NW
	14	5	45	B	NW
	13	10	90	B	NS

## 13. LBC Bastón 9

A (mayor)	B (intermedio)	C (menor)	Dirección Az	Eje Imbricado	Dirección paleocorriente
22		10	63	A	NE
16		8	63	A	NE
16		11	45	A	NE
10		3	65	A	NE
17	15		83	A	EW
19		6	50	A	NE
15		7	50	A	NE
20		11	60	A	NE
10	8		28	A	NE
13		6	26	A	NE
24		10	57	A	NE
9	8		50	A	NE
23		10	42	A	NE
25		10	57	A	NE
22		7	63	A	NE
13		7	51	A	NE
16		4	41	A	NE
10		5	53	A	NE
34		12	41	A	NE
18		3	70	A	NE
10		2	70	A	NE
18		12	74	A	NE
14		6	70	A	NE
17		7	40	A	NE

## 14. LBC Bastón 11

A (mayor)	B (intermedio)	C (menor)	Dirección Az	Eje Imbricado	Dirección paleocorriente
43		14	40	A	NE
25		14	50	A	NE
30		10	45	A	NE
27		9	34	A	NE
18		12	44	A	NE
15		7	0	A	NS
22		10	40	A	NE
18	10		35	A	NE
34		7	28	A	NE
25		11	54	A	NE

<b>22</b>	12	45	A	NE
<b>14</b>	7	42	A	NE
<b>20</b>	10	52	A	NE
<b>26</b>	7	33	A	NE
<b>25</b>	18	40	A	NE
<b>27</b>	10	27	A	NE
<b>21</b>	7	23	A	NE
<b>34</b>	18	42	A	NE
<b>30</b>	10	40	A	NE
<b>23</b>	16	40	A	NE
<b>28</b>	12	48	A	NE
<b>28</b>	14	43	A	NE
<b>25</b>	11	40	A	NE
<b>22</b>	16	38	A	NE

## 15. LBC Bastón 13-14

A (mayor)	B (intermedio)	C (menor)	Dirección Az	Eje Imbricado	Dirección paleocorriente
<b>56</b>		26	50	A	NE
<b>30</b>		8	60	A	NE
<b>50</b>		27	77	A	NE
	24	9	62	B	NNW
<b>19</b>		12	90	A	EW
<b>17</b>		5	90	A	EW
	17	9	72	B	NNW
	18	11	90	B	NS
	10	4	70	B	NNW
<b>12</b>		20	25	A	NNE
	13	5	70	B	NNW
<b>18</b>	17	9	68	B	NNW
<b>16</b>		6	90	A	EW
<b>17</b>		4	90	A	EW

	12	8	90	B	NS
	18	9	55	B	NW
<b>18</b>		6	60	A	NE
<b>18</b>		5	55	A	NE
<b>18</b>	11		73	A	NE
<b>17</b>		5	90	A	EW
	12	4	80	B	NNW
	10	4	90	B	NS
	12	4	90	B	NS
<b>20</b>	17		90	A	EW

## 16. LBC Bastón 15-16

A (mayor)	B (intermedio)	C (menor)	Dirección Az	Eje Imbricado	Dirección paleocorriente
	35	13	115	B	NE
	28	15	45	B	NW
	15	5	30	B	NW
<b>12</b>		6	55	A	NE
<b>17</b>		10	15	A	NNE
	21	9	33	B	NW
<b>26</b>		11	40	A	NE
<b>15</b>		9	32	A	NE
	16	8	73	B	NW
<b>28</b>		7	40	A	NE
<b>30</b>		7	170	A	NS
	24	11	90	B	NS
<b>18</b>		8	43	A	NE
<b>23</b>		8	43	A	NE
<b>33</b>		12	62	A	NE
	16	6	70	B	NW
<b>25</b>		9	50	A	NE
	9	4	70	B	NW
<b>12</b>		7	50	A	NE
<b>24</b>		10	20	A	NNE

<b>22</b>		10	30	A	NS
<b>10</b>		5	22	A	NS
<b>7</b>		2	175	A	NS
<b>17</b>		7	7	A	NS

## 17. LBC Bastón 16-17

<b>A (mayor)</b>	<b>B (intermedio)</b>	<b>C (menor)</b>	<b>Dirección Az</b>	<b>Eje Imbricado</b>	<b>Dirección paleocorriente</b>
<b>27</b>		14	50	A	NE
<b>30</b>		15	47	A	NE
<b>20</b>		10	27	A	NE
<b>16</b>		4	63	A	NE
<b>20</b>		8	55	A	NE
<b>20</b>		5	45	A	NE
<b>22</b>		12	50	A	NE
<b>26</b>		10	10	A	NE
<b>12</b>		7	170	A	NNE
<b>16</b>		7	355	A	NNW
<b>23</b>		7	5	A	NNW
	18	7	90	B	NS
<b>20</b>		8	90	A	EW
	13	7	90	B	NS
<b>21</b>		12	80	A	EW
<b>28</b>		11	85	A	EW
<b>25</b>		13	85	A	EW
	14	10	90	B	NS
	12	6	90	B	NS
	7	5	110	B	NE
<b>28</b>		13	43	A	NE
	10	6	120	B	NS
	5	3	110	B	NNE
	15	4	90	B	NS

**Apéndice D: Conteo de Clastos****SECCIÓN OBRA GIRÓN**• **Conteo de clastos**

<b>CATEGORIA</b>	<b>B3</b>	<b>B6</b>	<b>B9</b>	<b>B12</b>
<b>Arenisca Blanca</b>	3	14	24	24
<b>Arenisca Glauconítica</b>	10	5	6	10
<b>Areniscas conglomeráticas</b>	1	2	6	2
<b>Arenisca conglomerática roja arcosa</b>	1	1		1
<b>Limo+Arcillas rojas</b>	22	19	8	6
<b>Limolita</b>	11	7	1	1
<b>Chert</b>	1	3	17	9
<b>Riolita Rosada</b>			1	6
<b>Granito Rosado</b>				2
<b>Granito Verde</b>				
<b>Granito Blanco</b>	32	19		11
<b>Cuarzo</b>	1	2	8	4
<b>Neis</b>				2
<b>Ortoneis</b>	6	12	5	3
<b>EsquisTo</b>	4	5	2	4
<b>Filita</b>		4	5	2
<b>Cuarcita</b>	6	9	17	15
<b>TOTAL</b>	100	100	100	100

• **Recalculo Categorías Indicadoras**

<b>RECLASIFICACION</b>	<b>B3</b>	<b>B6</b>	<b>B9</b>	<b>B12</b>
<b>Sedimentarias Blancas Finas</b>	11	7	1	1
<b>Chert</b>	1	3	17	9
<b>Cuarzo</b>	1	2	8	4
<b>Sedimentarias Rojas</b>	23	19	8	7
<b>Glauconita</b>	10	5	6	10
<b>Arenita Blanca</b>	5	16	30	26
<b>Rocas Metamórficas</b>	16	30	29	26
<b>Granito y Riolita</b>	33	18	1	18
<b>Total</b>	100	100	100	100

**SECCION CANTALA**• **Conteo de Clastos**

<b>CATEGORIA</b>	<b>B6</b>	<b>B8</b>	<b>B14</b>	<b>B15</b>	<b>B16</b>
<b>Arenisca Blanca</b>	28	25	33	22	24
<b>Arenisca Glauconítica</b>	6	6	13	20	14
<b>Areniscas conglomeráticas</b>	1	1	2	5	
<b>Arenisca conglomerática roja arcosa</b>					4
	2	1		1	
<b>Limo+Arcillas rojas</b>	13	13	7	6	13
<b>Limolita</b>	2	3	4	1	4
<b>Chert</b>	2	2	2	1	1
<b>Riolita Rosada</b>		1			
<b>Granito Rosado</b>			1	2	1
<b>Granito Verde</b>					
<b>Granito Blanco</b>	2		3	5	1
<b>Cuarzo</b>	3	7	2	6	4
<b>Neis</b>	5		6	3	
<b>Ortoneis</b>	26	29	19	18	22
<b>EsquisTo</b>	3		2	1	
<b>Filita</b>			1	3	
<b>Cuarcita</b>	7	12	5	6	12
<b>TOTAL</b>	100	100	100	100	100

• **Recalculo categorías indicadoras**

<b>RECLASIFICACION</b>	<b>B6</b>	<b>B8</b>	<b>B14</b>	<b>B15</b>	<b>B16</b>
<b>Sedimentarias Blancas Finas</b>	2	3	4	1	4
<b>Chert</b>	2	2	2	1	1
<b>Cuarzo</b>	3	7	2	6	4
<b>Sedimentarias Rojas</b>	13	13	7	6	17
<b>Glauconita</b>	6	6	13	20	14
<b>Arenita Blanca</b>	31	27	35	28	24
<b>Rocas Metamórficas</b>	41	41	33	31	34
<b>Granito y Riolita</b>	2	1	4	7	2
<b>Total</b>	100	100	100	100	100





**SECCION LADRILLERA No 2**• **Conteo de Clastos**

<b>CATEGORIA</b>	<b>B35</b>	<b>B36</b>
Arenisca Blanca	41	60
Arenisca Glauconitica	22	17
Areniscas conglomeraticas	10	6
Arenisca conglomeratica roja		1
arcosa		3
Limo+Arcillas rojas		
Limolita	1	
Chert		
Riolita Rosada		
Granito Rosado		
Granito Verde		
Granito Blanco	4	
Cuarzo		
Neis		
Ortoneis	2	
Esquisro		1
Filita		
Cuarcita	20	12
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

• **Recalculo categorías indicadoras**

<b>RECLASIFICACION</b>	<b>B14</b>	<b>B16</b>
Sedimentarias Blancas Finas	1	0
Chert	0	0
Cuarzo	0	0
Sedimentarias Rojas	0	1
Glauconita	22	17
Arenita Blanca	51	69
Rocas Metamorficas	22	13
Granito y Riolita	4	0
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>100</b>







