

**ESTUDIO SEDIMENTOLÓGICO DEL MIEMBRO ORGANOS EN LA
FORMACIÓN BUCARAMANGA, HACIA EL ESCARPE OCCIDENTAL EN LAS
ESTRIBACIONES DEL MUNICIPIO DE GIRÓN**

**CHRISTIAN LEONARDO PLATA GUERRERO
SARAITH NATHALIA MORENO RUIZ**

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

2015

**ESTUDIO SEDIMENTOLÓGICO DEL MIEMBRO ORGANOS EN LA
FORMACIÓN BUCARAMANGA, HACIA EL ESCARPE OCCIDENTAL EN LAS
ESTRIBACIONES DEL MUNICIPIO DE GIRON**

**CHRISTIAN LEONARDO PLATA GUERRERO
SARAITH NATHALIA MORENO RUIZ**

Trabajo de Grado para Optar al título de Geólogo

**Directora:
ANA MILENA CARDOZO ORTIZ
Geóloga**

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

2015

DEDICATORIA

Christían

Dedico este proyecto de grado a mis padres, Leonardo Plata y Nohora Guerrero, a Mi novia Patricia Herrera, a mi amigo Juan Diego (Cole) y a mis hermanos, a todos ellos por el apoyo incondicional.

Saraíth

Principalmente a Dios y a la virgencita María, a mis padres Elizabeth Ruiz y Wilson Moreno, a Mi novio Diego Pérez, a mis nonitos María benigna y Juan Ruiz, a la señora Ernestina, y a cada una de las personas que de una u otra manera me acompañaron en este camino.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres, Leonardo Plata y Nohora Guerrero, por el apoyo en todas sus formas.

A mis hermanos.

A mi novia Patricia Herrera, por acompañarme siempre en la realización de este proyecto.

A mi amigo Juan Diego (Cole), por sus consejos, favores y ayudas.

A nuestra directora del Proyecto Ana Milena Cardozo, por sus conocimientos y hacer posible este gran logro.

Al Profesor y amigo Víctor Caballero, por su apoyo académico y conocimientos.

Christian Plata

A Dios y a la Virgencita María, por no dejarme sola nunca, por ayudarme siempre en el momento indicado y en todo tiempo.

A mi mamá Elizabeth por su apoyo incondicional, su dedicación y amor.

A mi papá Wilson por todo su apoyo.

A mi novio Diego, por creer siempre en mí, por su apoyo y ayuda incondicional.

A mis hermanas y nonitos, que siempre han estado conmigo.

Sraith Moreno

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	20
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	21
2. JUSTIFICACIÓN.....	22
3. OBJETIVOS.....	23
3.1. OBJETIVO GENERAL	23
3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	23
4. MARCO REFERENCIAL.....	24
4.1 MARCO TEÓRICO	24
4.1.1 Sedimentología.....	24
4.1.2 Principio de la superposición de estratos.....	24
4.1.3 Principio del uniformismo y el actualismo.	25
4.1.4 Principio de la sucesión faunística.	25
4.1.5 Principio de correlación de facies (ley de Walther, 1894).	25
4.1.6 Procesos Sedimentarios.	26
4.1.7 Polaridad y Paleocorrientes.	28
4.1.8 Conteo de Clastos.	28
4.1.9 Abanicos Aluviales.....	29
4.2 GENERALIDADES	31
4.2.1 Localización Geológica.	31
4.3. MARCO GEOLÓGICO.....	32
4.3.1 Antecedentes.....	32

4.4 GEOLOGÍA DE LA FORMACIÓN BUCARAMANGA.....	39
4.4.1 Miembro Órganos (Qbo).....	40
4.4.2 Miembro Finos (Qbf).....	42
4.4.3 Miembro Gravoso (Qbg).....	43
4.4.4 Miembro Limos Rojos (Qblr).....	44
5. METODOLOGÍA.....	46
5.1 PRIMER FASE: Recopilación de la Información.....	46
5.2 SEGUNDA FASE: Trabajo de campo.....	46
5.3 TERCERA FASE: Trabajo de oficina.....	49
5.4 CUARTA FASE: Interpretación y Discusión.....	49
6. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	51
6.1 COLUMNA ESTRATIGRÁFICA GENERALIZADA - FORMACIÓN BUCARAMANGA.....	51
6.2 COLUMNA ESTRATIGRÁFICA 1 – MIEMBRO ÓRGANOS, RINCÓN DE GIRÓN, ANILLO VIAL.....	51
6.3 DESCRIPCIÓN Y CONTEO DE CLASTOS.....	53
6.4 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	60
7. CONCLUSIONES.....	66
BIBLIOGRAFÍA.....	68
ANEXOS.....	70

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Localización Geológica. Tomado de Google Earth (2015) DigitalGlobe .	32
Figura 2. Evolución Morfoestructural de la Zona de las Mesas. Tomado de: Julivert, M. 1958. La Morfoestructura de la Zona de las Mesas al SW de Bucaramanga. Boletín de Geología. Vol. 1, Modificado por Autores, 2014.	34
Figura 3. Representación Método por Área.	47
Figura 4. Método por Área. Miembro Órganos, Municipio de Girón, Barrio Rincón de Girón.	48
Figura 5. Resumen Metodología de Trabajo. Mapa Conceptual.....	50
Figura 6. Columna Estratigráfica 1, Miembro Órganos, Rincón de Girón, Anillo Vial.....	52
Figura 7. Mapa Zona de Trabajo, conteos de clastos y columnas estratigráficas. Tomado de: Mapa Geológico de la Zonificación Sismogeotécnica Indicativa del Área Metropolitana de Bucaramanga 2001.	53
Figura 8. Fotografía de la distribución de los conteos de clastos sobre el afloramiento	54
Figura 9. Estratificación Plano-Paralela, Intercalación de areniscas, arcillas y conglomerados, secuencia granocreciente, formación de estoraques.	56
Figura 10. Método por Área para Conteo de Clastos, Base del Miembro Órganos, Rincón de Girón.	59
Figura 11. Disposición de los Clastos Miembro Órganos, Formación Bucaramanga. Anillo Vial, en dirección Este del Municipio de Girón, Barrio Rincón de Girón.	60
Figura 12 - Sedimentación Formación Bucaramanga, Niño y Vargas (1993). Modificado por Autores, 2014	60
Figura 13. Diagrama	61

Figura 14. Miembro Órganos, Fotografía tomada desde la panorámica vía al Aeropuerto Palonegro.....	62
Figura 15. Miembro Órganos – Base. Anillo Vial, Municipio de Girón, Rincón de Girón, Costado Sur SENA. Estratificación Plano-paralela, Intercalaciones de Conglomerados, areniscas gravosas, arenas arcillosas.....	63
Figura 16. Conglomerados Base Miembro Órganos Formación Bucaramanga.....	65

LISTA DE TABLAS

Pág.

Tabla 1. Conteo de Clastos y Ubicación. (Autores, 2015)	55
---	----

LISTA DE GRÁFICAS

	Pág.
Grafica 1. Variación composicional de clastos en conglomerado, p. inferior.	
Conteos 1, 2, 3, 4.....	57
Grafica 2. Variación composicional de clastos en conglomerado, p. intermedia.	
Conteos 5, 6, 7, 8.....	57
Grafica 3. Variación composicional de clastos en conglomerado, p. superior.	
Conteos 9, 10, 11, 12.....	58
Grafica 4. Porcentajes de Clastos según el tipo de roca.	58

LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Columna Estratigráfica Generalizada Fm. Bucaramanga

Anexo B. Columna Estratigráfica Detallada

Anexo C. Mapa Zona de Trabajo

Anexo D. Perfil de Elevación (Digital)

RESUMEN

TITULO: ESTUDIO SEDIMENTOLÓGICO DEL MIEMBRO ÓRGANOS EN LA FORMACIÓN BUCARAMANGA, HACIA EL ESCARPE OCCIDENTAL EN LAS ESTRIBACIONES DEL MUNICIPIO DE GIRÓN.¹

AUTORES: CHRISTIAN LEONARDO PLATA GUERRERO
SARAITH NATHALIA MORENO RUIZ²

PALABRAS CLAVE

SEDIMENTOLOGÍA, FORMACIÓN, BUCARAMANGA, ESTRATIGRÁFICA.

DESCRIPCIÓN

El abanico de Bucaramanga está limitado al Norte con la zona industrial del mismo nombre de la ciudad, al Oriente con la cadena montañosa del Macizo de Santander, al Sur con la Mesa de Ruitoque y al Occidente con los Cerros de Palonegro. Los estudios sedimentarios en los estratos pertenecientes a los miembros de la Formación Bucaramanga a lo largo y ancho del Abanico, junto con datos litoestratigráficos y estudios en conteos de clastos, permiten proponer al Macizo de Santander como área fuente principal de los materiales sedimentarios terrígenos pertenecientes al Abanico de Bucaramanga durante el Pleistoceno. Los clastos o detritos que señalan al Macizo de Santander como principal área fuente corresponden a rocas como: paraneises cuarzofeldespáticos, micáceos, anfíbolitas, riolitas, cuarcitas, esquistos, metareniscas, tonalitas, dioritas, areniscas rojas y chert. El sistema deposicional corresponden al Cuaternario, más precisamente al Pleistoceno Medio y que abarca hasta el Holoceno. Los depósitos sedimentarios de la Formación Bucaramanga se encuentran divididos en cuatro miembros estratigráficos: (1)Organos, (2)Finos, (3)Gravoso y (4)Limos Rojos, con características compartidas a lo ancho del abanico aluvial y variaciones en el tamaño de los clastos en la vertical. La depositación se encuentra controlada en su mayoría por fenómenos de flash flood y flujos de escombros.

¹ Trabajo de Grado

² Facultad De Ingenierías Físico-Químicas. Escuela De Geología. Directora. Ana Milena Cardozo Ortiz

ABSTRACT

TITLE: SEDIMENTARY STUDY OF ORGANOS MEMBER ON BUÇARAMANGA FORMATION TOWARDS WESTERN ESCARPMENT, IN GIRON CITY FOOTHILLS.*

AUTHORS: CHRISTIAN LEONARDO PLATA GUERRERO
SARAITH NATHALIA MORENO RUIZ**

KEYWORDS: SEDIMENTOLOGY, FORMATION, BUCARAMANGA, STRATIGRAPHIC.

DESCRIPTION

The alluvial fan of Bucaramanga is limited by same named industrial zone at North, Santander Massif mountain chain at East, Mesa de Ruitoque at South and Hills of Palonegro at West. The sedimentary studies on the stratums belonging to members of Bucaramanga Formation throughout the alluvial fan, along with lithostratigraphic data and count of clasts allow to propose the Santander Massif area as main source of terrigenous sedimentary material belonging to Alluvial Fan of Bucaramanga during the Pleistocene. The clasts or detritus that mark the Santander Massif as main source area correspond to rocks as: quartz-feldespar paragneisses, micaceous paragneisses, amphibolites, rhyolites, quartzitas, schists, metaarenite, tonalities, greenstones, red sandstones and chert. The depositional system matches to Quaternary, middle Pleistocene until Holocene specifically. The sedimentary deposits of Bucaramanga Formation are split in four stratigraphic members: Organs (1), Fine (2), Burdensome (3), Red Slimes (4), with shared features throughout the alluvial fan and variations on clast sizes at vertical position. The depositional processes are mainly Flash Flood and Debris Flow Phenomena.

* Grade work

** Faculty of Physical and Chemical Engineering. School of Geology. Director. Ana Milena Ortiz Cardozo

INTRODUCCIÓN

La unidad Cuaternaria conocida como la Formación Bucaramanga, está definida como un abanico aluvial comprendido por cuatro miembros sedimentarios: Miembro Órganos, Miembro Finos, Miembro Gravoso y Miembro Limos Rojos (Niño y Vargas, 1992). Este estudio se encuentra dirigido geológicamente al Miembro Órganos con el propósito de establecer claramente las características sedimentológicas que ocurrieron en la cuenca en el sector del Municipio de Girón.

El área de estudio se encuentra limitada hacia el escarpe Occidental del abanico de Bucaramanga y al Oriente del Municipio de Girón, siendo este Miembro rocoso de gran importancia geológica y con relevancias para la población asentada en este sector, debido a la susceptibilidad que presentan dichos suelos generando situaciones amenazantes en el territorio, por consiguiente, es preciso contar con conocimientos geológicos detallados de esta zona en particular. Partiendo de análisis sedimentológicos, texturales y composicionales obtenidos con información de campo, se proyecta examinar el Miembro Órganos, que aflora al costado occidental del Municipio de Girón y realizar análisis petrográficos macroscópicos, clasificación litológica (textural y composicional), variación en el contenido de clastos y su conteo en conglomerados, gráficas de distribución de gravas en conglomerados y columnas estratigráficas, siguiendo los parámetros establecidos por Folk 1974 y Graham 1986.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Es de gran importancia para la comunidad del sector del Municipio de Girón, comprender la geología de la unidad Cuaternaria definida como la Formación Bucaramanga (Niño y Vargas, 1992)³, Miembro Órganos, ya que representa una amenaza real para los habitantes del Municipio de Girón. Algunas hipótesis sobre la evolución del Abanico de Bucaramanga, atribuyen su origen a partir de sedimento traído por los Ríos Chicamocha, Río Suarez-Sogamoso (Julivert, 1958)⁴, que en un pasado cercano transcurrieron por el sector del área Metropolitana de Bucaramanga. Otros los asignan al levantamiento del Macizo de Santander, a sedimentos traídos por el Río Suratá (Niño y Vargas, 1992), formando varios abanicos aluviales, unos más antiguos que otros, incluso otros lo atribuyen a sedimento derivado de glaciaciones⁵.

El propósito del proyecto se fundamenta en el levantamiento de información sedimentológica en campo, correlacionarla con la bibliografía existente, generación de columnas estratigráficas, clasificación y conteo de clastos con el fin de conocer la litología de los conglomerados, posteriormente dicha información debe ser analizada, y así presentar en detalle las características geológicas del Miembro Órganos en las estribaciones Orientales del Municipio de Girón.

³ NIÑO, A. E., VARGAS, G. 1992. Geología y Geotecnia de la Escarpa Noroccidental de la Meseta de Bucaramanga. Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia.

⁴ JULIVERT, M. 1958. La Morfoestructura de la Zona de las Mesas al SW de Bucaramanga. Boletín de Geología. vol. 1. p. 9-40. Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia.

⁵ NIÑO Op cit

2. JUSTIFICACIÓN

La Formación Bucaramanga (Niño y Vargas, 1992) ⁶es la base donde se encuentra el Área Metropolitana de Bucaramanga, dicha zona incluye los Municipios de Bucaramanga, Piedecuesta, Floridablanca y Girón; en donde viven cerca de 1'115.350 habitantes; las redes de servicios para esta población están distribuidos a través de estos depósitos y la planificación en todos sus Municipios han sido deficientes, generando problemas de inestabilidad básicamente en las laderas que conforman el abanico y en las riberas de los Ríos de Oro y Suratá principalmente.

La planificación del desarrollo del área de Girón y sus alrededores requiere de un mejor conocimiento geológico, geomorfológico y sedimentológico, para evaluar las amenazas a las que están sometidos los habitantes de dichos Municipios.

El presente estudio aportará información geológica acerca del Miembro Órganos en el depósito Cuaternario conocido como Formación Bucaramanga (Niño y Vargas, 1992)⁷, al Oriente del Municipio de Girón, describiendo las principales características sedimentarias, texturales y composiciones, a partir de datos recopilados en campo, columnas estratigráficas, conteo de clastos; además será de utilidad para la proyección de la infraestructura y las amenazas a las que está sujeta esta área del Municipio de Girón, como también el potencial gravoso explotable, aplicado a la industria de los materiales de construcción.

⁶ Ibid

⁷ Ibid

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

Establecer a partir de un estudio sedimentológico, las características geológicas del Miembro Órganos de la Formación Bucaramanga, mediante las técnicas de conteo de clastos e información geológica de campo.

3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Mediante conteo de clastos y petrografía macroscópica, analizar la composición de los conglomerados en el Miembro Órganos de la Fm. Bucaramanga en las estribaciones del Municipio de Girón.
- Realizar un trabajo de campo, para la recopilación de datos sedimentológicos texturales y composicionales.
- Registrar la información, mediante levantamiento de columnas estratigráficas, en el Miembro Órganos de la Fm. Bucaramanga en las estribaciones del Municipio de Girón, tablas de campo y gráficas.
- Realización de gráficos de distribución de clastos, en los niveles conglomeráticos.

4. MARCO REFERENCIAL

4.1 MARCO TEÓRICO

4.1.1 Sedimentología: Conceptos Básicos

La sedimentología es la rama de la geología que se encarga de estudiar los procesos de formación, transporte y depositación de material que se acumula como sedimento en ambientes continentales y marinos, y que normalmente forman rocas sedimentarias. Trata de interpretar y reconstruir los ambientes sedimentarios del pasado. Se encuentra estrechamente ligada a la estratigrafía, si bien su propósito es el de interpretar los procesos y ambientes de formación de las rocas sedimentarias y no el de describirlas como en el caso de aquella. La sedimentología es una rama en sí misma y se encarga de los procesos de formación de las rocas sedimentarias, la estratigrafía por otro lado estudia es la distribución espacial y temporal (correlación) de las rocas sedimentarias.

4.1.2 Principio de la superposición de estratos. Este principio se debe a Steno (1669) que estudió una serie estratigráfica, poco o nada deformada, el orden de superposición de las capas es el mismo de su depósito, la edad decrecía hacia arriba. Este principio tiene excepciones derivadas de determinados fenómenos geológicos, como los procesos erosivo-sedimentarios de las cuencas fluviales, o las deformaciones tectónicas intensas que pueden llegar a tumbar o invertir la serie, siendo necesarios criterios de polaridad para distinguir el orden de depósito. Este fue el primer intento de establecer la cronología de los sucesos y como consecuencia, aparecieron las primeras divisiones cronoestratigráficas.⁸

⁸ TORRES, D., PINEDA, D. s.f. Geología, Definiciones, Ramas, Principios y Tiempo Geológico. UNELLEZ.

4.1.3 Principio del uniformismo y el actualismo. Se debe a Hutton (1788), pero quienes más lo divulgaron fueron Playfair (1802) y Lyell (1830). La frase original que lo enuncia es “el presente es la clave del pasado”. Algunos autores lo consideran como un solo principio que indica que los procesos (físicos) que han tenido lugar a lo largo de la historia de la Tierra, habían sido uniformes y semejantes a los actuales (continuos), y como consecuencia el estudio de las condiciones actuales nos sirven para la comparación e interpretación de lo que ocurrió en el pasado.⁹

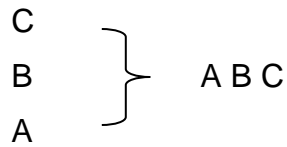
Aunque algunos autores lo considera como dos principios distintos:

- Uniformismo: las leyes y procesos naturales han permanecido uniformes a lo largo del tiempo geológico.
- Actualismo: los fenómenos que hoy están actuando han producido los mismos efectos en el pasado.

4.1.4 Principio de la sucesión faunística. Se debe a Smith (1800), que por sus observaciones de la distribución de los fósiles en el tiempo, se permite enunciar este principio, según el cual cada estrato, o grupo de ellos, pueden identificarse por su contenido biológico, o en otras palabras, las capas que tienen el mismo contenido fósil son de la misma edad, aunque su litología difiera. Esto permite establecer una correlación más exacta al permitir una datación de los materiales¹⁰.

4.1.5 Principio de correlación de facies (ley de Walther, 1894). Este principio de basa en que solo las facies contiguas, pueden aparecer sucediéndose en el tiempo.

⁹ Ibid
¹⁰ Ibid



Facies, es un conjunto de características litológicas y paleontológicas que permiten diferenciar un conjunto de estratos de los adyacentes¹¹.

4.1.6 Procesos Sedimentarios. Los procesos sedimentarios son fenómenos de la superficie terrestre. Empieza con la destrucción de rocas sólidas por la meteorización o intemperismo, la erosión y el transporte por un medio (agua, viento, hielo), la deposición o precipitación, litificación y como ultimo la diagénesis, la formación de rocas sólidas. Los procesos sedimentarios generalmente son muy complejos y dependen de muchos factores.

- La Meteorización, es la desintegración y descomposición de una roca en la superficie terrestre o próxima a ella como consecuencia de su exposición a los agentes atmosféricos, con la participación de agentes biológicos.
- La Erosión, es sustracción de roca al suelo intacto, generalmente por acción de corrientes superficiales de agua o viento, por cambios de temperatura o por gravedad.
- El Transporte, los materiales disgregados producto de la meteorización (sedimentos) son transportados por los agentes geológicos (agua, hielo o viento) hasta los lugares de acumulación (cuencas sedimentarias). Estos materiales pueden ser transportados por; deslizamientos, acarreo por viento, acarreo por agua y acarreo por glaciación. En las corrientes de agua existen partículas que se desplazan por el fondo de la corriente (carga de fondo).

¹¹ Ibid

- El Depósito, asentamiento de las partículas en movimiento (suspensión de la acción de transporte) debido a un cambio de velocidad en el medio de transporte. De acuerdo al tamaño de las partículas y la velocidad de transporte, algunas partículas se depositan primero en tanto que otras pueden continuar en movimiento.
- Acumulación, formación de capas debido a eventos sucesivos de depósito. Si el depósito, la acumulación son suspendidas, se puede producir erosión y la formación de discordancias.
- El depósito y acumulación ocurre en diferentes sitios (ambientes), Continental (ríos, lagos, pantanos, zonas desérticas; glaciares), Mixto (zona litoral, deltas, barras o bancos de arena, lagunas costeras, sabkhas) y Marino (en plataforma continental cercano a costa, en plataforma alejado de costa, en zonas arrecifales, en talud continental, en planicie abisal. Adicionalmente se puede especificar si es marco tectónico activo o en pasivo).
- Litificación, Procesos que convierten los materiales depositados en roca consolidada, ocurren una vez enterrados los sedimentos, son los siguientes:
- Compactación, reducción de espacios porosos. Resulta en desecación y reducción de volumen de los espesores de capas acumuladas.
- Cementación, depósito, precipitación o cristalización de materiales cementantes (calcita o aragonita: CaCO_3 ; sílice: SiO_2 , óxidos de hierro o hematita: Fe_2O_3) en los espacios porosos o vacíos de las rocas).
- Diagénesis, cambios físicos, químicos y biológicos, debidos a la presión, temperatura ($< 200^\circ\text{C}$), circulación de fluidos, cambios de pH, en condiciones

de enterramiento. Pueden ser: Disolución, Recristalización, Reemplazamiento de minerales, Cristalización autigénica.¹².

4.1.7 Polaridad y Paleocorrientes. El estudio de la polaridad y de las paleocorrientes, se realiza a través de la observación del ordenamiento interno de los estratos. Las paleocorrientes se determinan por la inclinación de la laminación en estratificación cruzada plana, ya que estas lo hacen en el sentido de la corriente, para saber la dirección correcta hace falta conocer dos secciones.

Este análisis proporciona información sobre dirección de corrientes y viento, paleopendientes y paleogeografía que resultan de mucha utilidad en la interpretación de facies, ya que la dirección de paleocorrientes es un atributo importante de una litofacies. La interpretación de los patrones de paleocorrientes debe combinarse con estudios de análisis de facies, para una correcta interpretación.¹³

4.1.8 Conteo de Clastos. La textura y composición de un conglomerado o una brecha se estudian directamente en el afloramiento; dado el tamaño de la muestra, por lo general, no es posible coleccionar ejemplares para su estudio. Todo el análisis de tamaño, forma, redondez y composición, así como la textura deberá de realizarse directamente en el campo utilizando métodos cuantitativos de análisis. A partir del tipo de partículas se infiere la fuente o procedencia de los sedimentos. Con base en el análisis estadístico se propone una relación directa entre la composición del sedimento y el ambiente tectónico en que se forma. Los conglomerados y brechas permiten identificar las diferentes litologías de sus componentes, por lo que resultan excelentes para realizar estudios de procedencia que aunados con análisis de paleocorrientes nos permiten proponer modelos paleogeográficos y paleotectónicos.

¹² Ibid

¹³ VERA - TORRES. Estratigrafía Principios y Métodos. Editorial Rueda. Madrid, España. 1994

El conteo de clastos realizado en diferentes localidades geográficas, se utiliza para caracterizar los patrones de dispersión de sedimentos en el espacio y tiempo, los cambios en las proporciones de diferentes tamaños y composiciones de clastos, a lo largo del tiempo, estableciendo direcciones de paleotransporte o respuestas a cambios eustáticos o tectónicos¹⁴

Las comparaciones estadísticas entre conjuntos de clastos se puede utilizar para correlacionar diferentes localidades, para analizar terrenos sospechosos, para evaluar fallas o incluso si ha habido reciclaje de sedimentos.

4.1.9 Abanicos Aluviales. Los abanicos aluviales son depósitos cuya forma se asemeja a un segmento de un cono y se desarrollan en áreas de alto relieve, donde hay un abundante suministro de sedimentos. El tamaño es controlado ampliamente por la extensión de su cuenca hidrográfica, aunque la naturaleza litológica del área fuente y el clima son factores importantes. En el abanico las corrientes son canales radiales a partir del ápice y disectan la superficie. El canal principal está comúnmente inciso en el nivel superior del abanico y la base del canal está socavando los sedimentos del abanico, mientras que en el nivel inferior del abanico la corriente es superficial; el punto límite entre el nivel superior y el nivel inferior se denomina Punto de Intersección y a partir de éste se inicia el lóbulo depositacional del abanico¹⁵.

Los abanicos tienen perfiles radiales cóncavos hacia arriba y perfiles trasversales cóncavos hacia abajo. Muestran como característica un rápido decrecimiento hacia el frente del abanico en tamaño de grano, la redondez de la grava se

¹⁴ GRAHAM, S. A., TOLSON, R. B., DECELLES, P. G., INGERSOLL, R. V., BARGAR, E., CALDWELL, L. M., CAVAZZA, W., EDWARDS, D. P., FOLLO, M. F., HANDSCHY, J. F., LEMKE, L., MOXON, I., RICE, R., SMITH, G. A., WHITE, J. 1986. Provenance modeling as a technique for analyzing source terrane evolution and controls on foreland sedimentation. Special Publication of the International Association of Sedimentologists. vol. 8. p. 425-436

¹⁵ READING, H. G. 1980. Sedimentation in oblique-slip mobile zones. Special Publication of the International Association of Sedimentologists. Vol. 4. p. 7-26

incrementa mientras la proporción de facies finas crece con la distancia, resultando en variaciones laterales de facies, los depósitos proximales del abanico están dominados por gravas pobremente imbricadas y estratificadas horizontalmente, mientras la estratificación cruzada se incrementa distalmente, generalmente contienen sedimentos inmaduros textural y composicionalmente¹⁶.

Según Klein (1982) los abanicos aluviales ocurren en regiones húmedas y semiáridas donde la pendiente depositacional se reduce notablemente y la forma de abanico y geometría en cuña, son respuestas a tales cambios de pendiente; por lo tanto, un buen desarrollo de ellos tiene lugar a lo largo de escapes y líneas de falla.¹⁷

Nilsen (1984) analiza que las secuencias de los abanicos consisten en mezclas de depósitos de flujo de corriente, flujos de escombros y de lodo con sus depósitos relacionados y depósitos de derrumbe. Los depósitos por corriente de flujo resultan a partir de los depósitos transportados por tracción, saltación y suspensión por agua corriente; ellos incluyen canales colmados, márgenes de canales y depósitos de flujo laminar de regiones de abanicos más bajos y en algunos abanicos se presentan depósitos de criba, los cuales son lóbulos permeables de grava bien calibrada y porosa.¹⁸

Los depósitos de flujo de escombros y de flujo de lodo resultan a partir del transporte de sedimentos como flujos fangosos viscoso en los cuales la matriz de fango suministra soporte para los clastos suspendidos; los depósitos de flujo de escombros pueden formarse en las mismas áreas de los depósitos de flujos de corriente pero son generalmente más característicos de áreas proximales; estos depósitos sin moderadamente calibrados, contienen pocas estructuras

¹⁶ NILSEN, T. H. 1984. Bibliography of alluvial-fan deposits. Universidad de Michigan

¹⁷ KLEIN, M. 1982. The relation between channel geometry and suspended sediment transport in the downstream direction. *Zeitschrift fur Geomorphologie* 26. p. 491-494

¹⁸ NILSEN Op cit

sedimentarias y pueden ser esparcidos a través del abanico; se generan a partir de pendientes altas hacia la zona de intercanales de las corrientes que alimentan los abanicos¹⁹.

Los abanicos aluviales son indicadores de la forma del relieve terrestre resultante del levantamiento de la litosfera en márgenes continentales y fallamiento intracratónico. En el caso de abanicos desarrollados en respuesta a fallamiento activo, el relieve se mantiene y la posición del ápice del abanico puede permanecer fijo mientras grandes espesores de sedimentos a menudos se mantienen por kilómetros, los grandes espesores están visualmente cercanos a los límites de fallas donde las facies reflejan la proximidad del ápice del abanico y el adelgazamiento distal varía en su proporción entre los diferentes depósitos del abanico, cambiando el tamaño y del tipo de procesos dominantes²⁰.

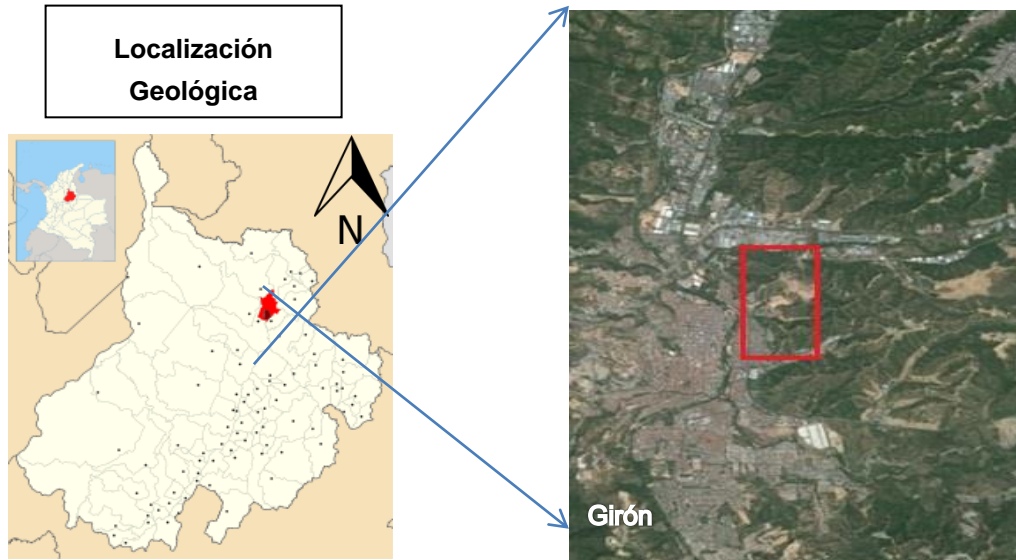
4.2 GENERALIDADES

4.2.1 Localización Geológica. El abanico de Bucaramanga, se encuentra limitado al E por la Falla Bucaramanga, al W por la plataforma de Lebrija y la Falla del Suárez, al S por la mesa de Ruitoque y en dirección N por la intersección de la Falla de Bucaramanga y la Suárez. La zona de estudio se encuentra en la parte distal del abanico en las estribaciones del Municipio de Girón en dirección E. en el barrio Rincón de Girón

¹⁹ NIÑO, A. E., VARGAS, G. 1993. Modelo de Evolución para el Abanico de Bucaramanga. FACIES-UIS. vol. 2. p. 12-18. Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia.

²⁰ Ibid

Figura 1. Localización Geológica. Tomado de Google Earth (2015) DigitalGlobe



4.3. MARCO GEOLÓGICO

4.3.1 Antecedentes. Julivert (1958),²¹ sugiere que la acumulación de los aluviones de la Terraza de Bucaramanga está ligada a una inflexión en dirección NW del Río Sogamoso, la extensión y espesor de esta terraza obligan a admitir una red hidrográfica algo distinta a la actual, en la época de formación. Julivert indica que el Río Sogamoso seguía hacia el N para continuar por cauce del Río de Oro y el Río Lebrija. El cañón del Río Sogamoso entre las plataformas de Lebrija y Zapatoca fue excavado por erosión regresiva de un pequeño curso orientado hacia el W debido al desnivel creado por la flexión del Chucurí, la mayor proximidad del nivel de base de este curso permitió que se realizara la captura. Del mismo modo que el Río Sogamoso continuaba hacia el N por el Río de Oro, al no existir aún una separación entre las mesas de Lebrija y Zapatoca debe admitirse la continuidad de las quebradas de Zapatoca y La Angula. La erosión regresiva que posteriormente capturó al Sogamoso lo hizo primero con la

²¹ JULIVERT, M. 1958. La Morfoestructura de la Zona de las Mesas al SW de Bucaramanga. Boletín de Geología. vol. 1. p. 9-40. Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia.

quebrada de Zapatoca. Por lo que respecta al del Río Chicamocha, se precisa entenderlo en una mayor extensión ya que dicho río, al contrario del Suárez que es de trazado rectilíneo claramente determinado por la falla de su nombre, tiene un trazado problemático.

El Río Chicamocha nace en la Sabana de Bogotá por la que discurre una parte de su curso a unos 2.000 m. luego empieza a excavar y se dirige hacia el N bordeando el Macizo de Santander por su lado E hasta que cerca de Capitanejo se inflexiona en dirección NE y atraviesa el macizo abriendo en él un profundo cañón, luego vuelve a dirigirse al W para unirse al Suárez. El caso concreto del codo del Chicamocha en el Pescadero podría ser una captura similar a la del Sogamoso; el antiguo curso del Chicamocha pudo ser en Los Curos y la hacienda Campo Alegre, entre Piedecuesta y Floridablanca; de ser así el Chicamocha se habría orientado en este sector paralelo a la falla de Bucaramanga. Lo amplio de los valles en la línea de los Curos – Piedecuesta – Floridablanca parece favorecer esta teoría.²².

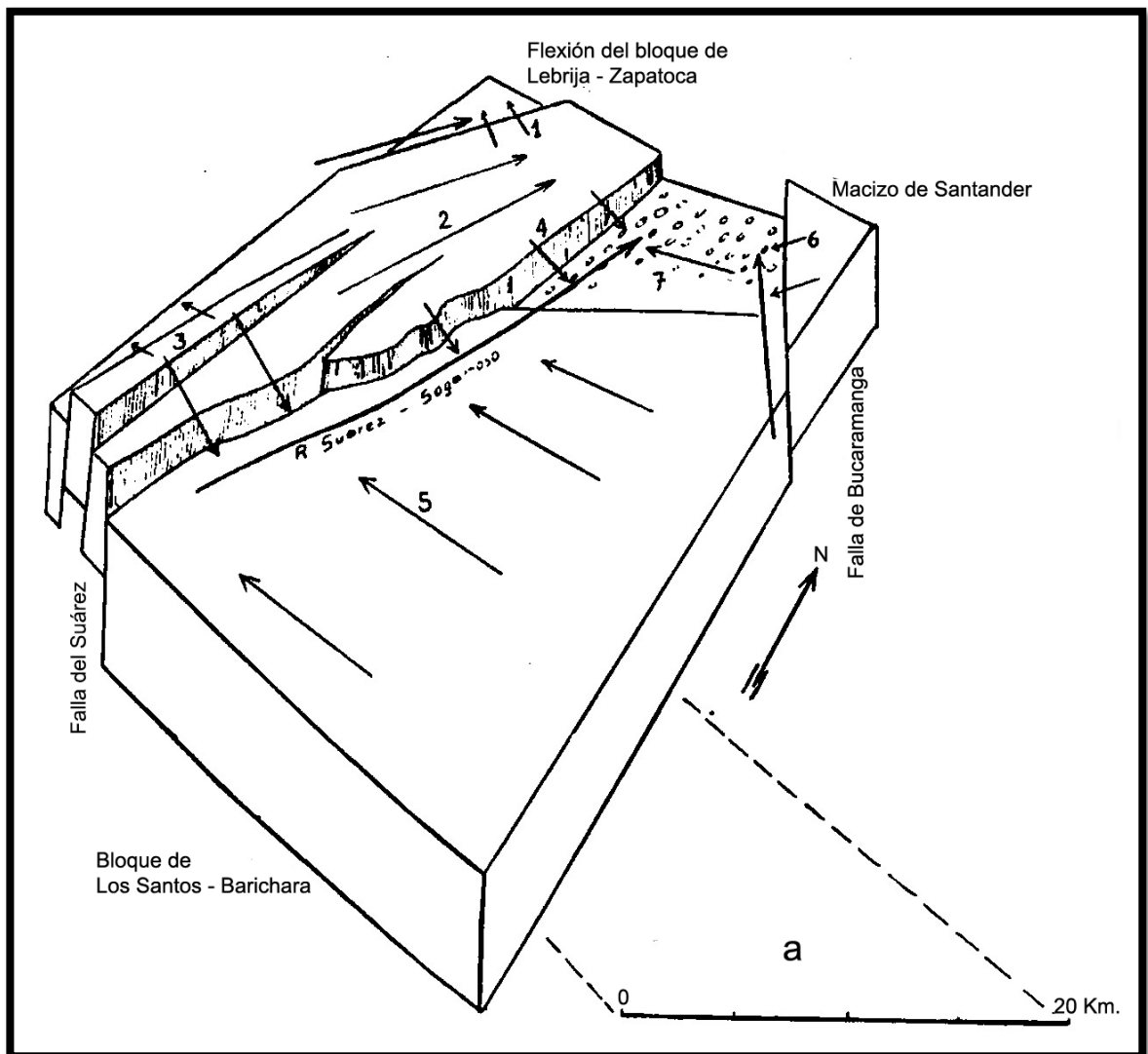
La localización de la Terraza de Bucaramanga (Julivert, 1958), indica que su origen corresponda a causas locales. A este respecto es interesante observar como el área en que la terraza se desarrolla, está limitada por fallas: al E la falla de Bucaramanga, al W y al N con la falla del Suárez y al S una fractura de menos importancia que se orienta ENE-ESE siguiendo la quebrada de Los Montes, al N las fallas del Suárez y de Bucaramanga convergen y se unen cerrando completamente el área. Todas estas fallas tienen un labio hundido hacia la zona de Bucaramanga de modo que limitan una dovela triangular hundida entre la plataforma de Lebrija, el Macizo de Santander y la Mesa de Los Santos²³.

²² Ibid

²³ Ibid

Finalmente coincidiendo con la fase moderna de excavación del Suárez, tuvo lugar una elevación general, las fallas dejaron su actividad y la terraza de Bucaramanga se excava, pero en esta época el Río Sogamoso ya había sido capturado, por ello el Río de Oro actualmente es poco caudaloso, no ha logrado regularizar su perfil²⁴.

Figura 2. Evolución Morfoestructural de la Zona de las Mesas. Tomado de: Julivert, M. 1958. La Morfoestructura de la Zona de las Mesas al SW de Bucaramanga. Boletín de Geología. Vol. 1, Modificado por Autores, 2014.



²⁴ Ibid

1, Circulación hacia el W debido al escalón sobre el Valle del Magdalena; 2, Circulación al N debido al basculamiento del bloque Lebrija – Zapatoca; 3, Quebradas hacia el E y W debido al bloque Lloriques – Los Cobardes que rompe hacia el S la Mesa de Zapatoca; 4, Pequeñas quebradas originadas por el escalón de la falla del Suárez; 5, Circulación de E y W debido al basculamiento del bloque Ruitoque – Los Santos – Barichara; 5, Quebradas originadas por el escalón de falla Macizo de Santander; 7, Dovela de Bucaramanga en hundimiento con inicio de sedimentación fluvial). Los ríos Chicamocha, Suárez, Sogamoso y Chucurí se orientan paralelos a accidentes estructurales²⁵ . .

De Porta (1959), define la Terraza de Bucaramanga como un conjunto de rocas que se ha depositado sobre una dovela que se ha hundido progresivamente, lo que explica el enorme espesor de los sedimentos y la discordancia progresiva que se observa en la carretera de Girón a Lebrija. Su estratigrafía comprende tres niveles, el inferior, que es el más potente, consta de conglomerados con intercalaciones de arenas, sigue un nivel de materiales finos que se extiende por toda la terraza y finalmente un nivel superior formado por elementos más gruesos. La serie termina con unos aportes laterales que fosilizan los accidentes tectónicos que limitan la dovela. El trazado del Río de Oro y del Suratá viene determinando por una falla que les obliga a cambiar bruscamente su curso. El trazado actual de la red hidrográfica viene determinada por la tectónica principalmente en lo que respecta al Río de Oro y el curso inferior del Suratá en las proximidades de su confluencia. El basculamiento de La Mesa de Ruitoque hacia el W ha determinado el que se estableciera una red consecuente que vierte sus aguas hacia el W, es decir, hacia la dovela de Bucaramanga²⁶.

²⁵ JULIVERT, M. 1958. La Morfoestructura de la Zona de las Mesas al SW de Bucaramanga. Boletín de Geología. vol. 1. p. 9-40. Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia.

²⁶ DE PORTA, J. 1958. La Terraza de Bucaramanga. Boletín de Geología. vol. 3. p. 5-13. Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia.

La Terraza de Bucaramanga (De Porta, 1959)²⁷ en realidad está limitada por las fallas que han formado una dovela, la cual se estrecha hacia el norte, que al hundirse paulatinamente ha permitido la acumulación de gran cantidad de sedimentos. Al analizar el trazado del Río de Oro, se observa el cambio de dirección que experimenta en la confluencia con el Suratá y que a su vez atraviesa la prolongación de la Falla del Suárez. La causa de esta desviación es una falla de dirección general NW-SE, falla que divide a la dovela en dos bloques. El labio norte corresponde al hundido, aunque topográficamente es más elevado, gracias a su basculación. Las capas de Girón en la Fábrica de Cemento buzan 85° SW lo mismo que en la confluencia del Suratá con el río de Oro. Más hacia el norte, las areniscas de Girón llegan a colocarse verticales, precisamente esta basculación del bloque norte impidió que el río de Oro continuara hacia el norte.

El trazado del Río Suratá sigue las mismas directrices, al atravesar la Falla de Bucaramanga, sufre un cambio brusco, casi en ángulo recto, para unirse después al Río de Oro. La misma falla de dirección NW-SE es la que determina su curso. Este accidente es bien visible donde el río cambia de dirección, debajo de la carretera que conduce a Matanza, donde las calizas carboníferas chocan contra la masa ígnea. Después la falla no es visible hasta las proximidades de las Fábricas de Cemento y Bavaria. La masa de sedimentos torrenciales del norte de Bucaramanga precisamente comienza donde el Suratá cambia su dirección, lo que indica su estrecha relación. El escalón de falla creado por el accidente de Bucaramanga traería como consecuencia una modificación del nivel de base del Suratá que lo obligaría a regularizar su perfil de equilibrio produciendo una fuerte erosión que daría lugar a la deposición de la masa torrencial en su desembocadura.²⁸

²⁷ Ibid

²⁸ Ibid

Niño y Vargas (1992), definen la cuenca de Bucaramanga como una depresión tectónica asociada a los Sistemas de Falla Bucaramanga – Santa Marta y Suárez – Río de Oro y sus sedimentos se pueden definir como una Formación compuesta de cinco segmentos (Calcáreo, Órganos, Finos de Bucaramanga, Gravoso y Limos Rojos), a los que se propone el nombre de Formación Meseta de Bucaramanga y su ambiente de depositación corresponde a un abanico húmedo formado por el paleocauce del Río Suratá, en una cuenca cerrada con el ápice en la zona de Morrórico, la línea de puntos de intersección a la altura de la carrera 18.²⁹

La Formación Meseta de Bucaramanga (Niño y Vargas, 1992)³⁰, se reconocen de base a techo los siguientes segmentos:

➤ Nivel 1, Segmento Calcáreo.

Con un espesor máximo de 60 m. Hacia la parte inferior capas de geometría tabular gruesa y encima de medias a finas. Las capas finas presentan laminación plana y ondulosa paralela de continua a discontinua; los contactos son netos planos y suavemente ondulados. Texturalmente consta de lodos y lodos arenosos compactos, gravas arenosas y arenolodas, redondeadas y de esfericidad media, de moderadamente a mal calibrada. Presenta fragmentos calcáreos, algunos feldespatos alterados dentro del material gravoso. La matriz predominante es arenolodosa.

Este segmento corresponde a la facies distal de un abanico dominado por depósitos de corrientes de canal y canales trenzados caracterizados por facies menores sp, intercalados con flujos de lodo y escombros de facies fl y Gms-Gp,

²⁹ NIÑO, A. E., VARGAS, G. 1992. Geología y Geotecnia de la Escarpa Noroccidental de la Meseta de Bucaramanga. Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia.

³⁰ Ibid

que se depositaron entre un alto del basamento (Formación Girón) y el Macizo de Santander al Noroccidente de la Meseta de Bucaramanga.³¹.

➤ Nivel 2, Segmento Órganos

Con un espesor aproximado de 170 m. Capas gruesas a muy gruesas con niveles de espesor variable presenta contactos netos ondulados. Texturalmente consta de gravas matriz soportadas y granosoportadas, lodoarenosas, arenolodosas, subredondeadas a redondeadas con esfericidad baja a media y mal calibradas. Presenta feldespatos alterados, en los niveles medios variables de arcillas compactas arenosas ligeramente micáceas con trazas de materia orgánica. El ambiente de depositación de este segmento corresponde a la facies proximal y media de un abanico en su segundo ciclo de depositación dominado por corrientes, caracterizadas por flujos de escombros, fluidos que llenan canales y forman barras, depósitos intermedios de facies mayores Gms y Gp con interdigitaciones de depósitos de corriente de canal de facies menores sp y fm.³²

➤ Nivel 3, Segmento Finos de Bucaramanga.

Con un espesor aproximado de 20 m. Capas finas de geometría tabular y lenticular con cambios faciales laterales. Presentan laminación plana paralela, cruzada y ondulosa paralela de continua a discontinua, los contactos son netos planos y suavemente ondulados. Texturalmente consta de arenas arcillosas, arcillas arenosas ligeramente micáceas, gravas y algunas gravas arcillosas, las gravas son subangulares a subredondeadas, presentan feldespato alterado, hardground de óxidos de hierro perpendiculares a la estratificación, costras y lentes de óxidos de hierro y trazas de materia orgánica. Este segmento corresponde a depósitos de corrientes permanentes y migratorias de canales

³¹ Ibid

³² Ibid

trenzados de facies menores sh, st y fl poco profundos con esporádicos flujos de lodos y escombros de baja intensidad generados a partir del Punto de Intersección del abanico.³³

➤ Nivel 4, Segmento Gravoso.

Con un espesor aproximado de 8m. Nivel grueso, no presenta estructuras internas. Texturalmente es una grava arenolodosa y lodoarenosa. Las gravas son sub-redondeadas de esfericidad media, mal calibrada. Este Nivel corresponde a un flujo de lodo y escombros viscosos de facies intermedia gravosa a gravolodosa³⁴.

➤ Nivel 5, Segmento de Limos Rojos.

Segmento Superior de 5 m de espesor aproximado. Nivel de arcilla gravosa, caracterizado por grandes bloques angulares de baja esfericidad de areniscas blancas silíceas.

Este Nivel corresponde a un flujo de lodo acompañado de caída de bloques procedentes del Macizo³⁵.

4.4 GEOLOGÍA DE LA FORMACIÓN BUCARAMANGA

De Porta (1958) divide la formación Bucaramanga en los siguientes niveles: a) un paquete inferior con más de 150 m de espesor, conformado por niveles discontinuos de gravas, clasto soportado, con lentes arenosos intercalados; b) una

³³ NIÑO, A. E., VARGAS, G. 1992. Geología y Geotecnia de la Escarpa Noroccidental de la Meseta de Bucaramanga. Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia.

³⁴ Ibid

³⁵ Ibid

capa relativamente delgada de 10 a 18 m de espesor, ubicada en la parte intermedia a alta, compuesta de sedimentos arcillosos, la cual se extiende por una buena parte de la terraza; y c) un nivel superior de 8 a 15 m de espesor, constituido por una mezcla de fragmentos angulares gruesos y finos arenosos. Algunos trabajos recientes proponen 5 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, (1992). Es importante destacar que las relaciones estratigráficas del miembro Calcáreo, descritas por Niño y Vargas, con respecto al miembro Organos, no se pudieron determinar durante el trabajo de campo, debido a que el denominado miembro Calcáreo no presenta límites estratigráficos claros que permitan separarlo del Organos, no presenta distribución lateral y se observa en forma de lentes locales en la quebrada La Picha, al noroccidente del Área Metropolitana. Lo anterior indica que el denominado miembro Calcáreo forma parte del miembro Organos; por lo tanto, teniendo en cuenta las clasificaciones hechas por Hubach (1952) y Niño y Vargas (1993), se propone dividir la formación Bucaramanga, de base a techo, en los siguientes miembros: miembro Organos (Qbo), miembro Finos (Qbf), miembro Gravoso (Qbg) y miembro Limos Rojos (Qblr). De acuerdo con las dataciones paleomagnéticas publicadas en el proyecto hidroeléctrico Fonce-Suárez, la parte más antigua de la formación Bucaramanga tiene unos 730.000 años ubicándola dentro del Pleistoceno medio-superior.

4.4.1 Miembro Órganos (Qbo). Definido por Hubach (1952). Aflora en las laderas y escarpes de la parte Occidental de la Meseta de Bucaramanga y el Área Metropolitana, en los alrededores del municipio de Girón, anillo vial, en las estribaciones de la parte Norte de la Mesa de Ruitoque y en los cortes de la carretera que comunica la población de Girón con la ciudad de Bucaramanga. Los mejores afloramientos donde se puede observar casi toda la secuencia se presentan en una extensa área sobre el escarpe occidental del Abanico de Bucaramanga, destacándose los siguientes espesores: En las quebradas dos

Aguas (espesor : 164.8 m), las Navas (espesor : 72 m de la base del nivel), Argelia (espesor : 60 m de la parte superior del nivel) y la parte norte de la Cuyamita (espesor : 8.8 m de la parte superior del nivel) ; otros afloramientos son referidos a los barrios La Feria (espesor : 144.2 m) y Don Bosco (5.2 m del tope del nivel). Con base en las columnas realizadas, correlaciones estratigráficas y cortes topográficos, se estima que su espesor podría superar los 180 m, siendo el nivel más potente de la Formación Bucaramanga (Mancera y Salamanca, 1994).

El tamaño de los cantos varía entre 10 y 30 cm, alcanzando bloques mayores de 1 metro de diámetro. Estos se componen en su mayoría de areniscas silíceas de grano medio, bien cementadas y en menor proporción de fragmentos de rocas ígneas ácidas de textura fanerítica, neis micáceo de color amarillo a rosado, areniscas lodosas rojizas de grano fino y alto contenido de micas, cuarzo lechoso, liditas y cherts. Todos los fragmentos tienen formas redondeadas a subredondeadas, esfericidad baja a media y mala selección. Los niveles gravosos presentan matriz arcillosa, pardo amarillenta, con algunas variaciones a gris amarillento. Los feldespatos en las rocas se encuentran moderadamente meteorizados. Los niveles finos corresponden a arcillas arenosas y arenas arcillosas compactas, de consistencia firme, ligeramente micáceas, con trazas de materia orgánica. Su origen se relaciona con depósitos cíclicos intercanales. El mayor espesor de los niveles limo arenosos se presentan hacia la base, lo que explica periodos más largos de retrabajamiento, bajo un régimen fluvial constante. El predominio de lentes hacia la parte superior y los contactos irregulares podrían indicar periodos de erosión por corrientes intermitentes (Bueno y Solarte, 1994). Los depósitos se encuentran medianamente meteorizados, presentando poca compactación de éstos lo que facilita el desprendimiento de bloques y cantos en las épocas de fuertes precipitaciones. La edad del Miembro Órganos podría abarcar el Pleistoceno medio.

4.4.2 Miembro Finos (Qbf). Éste nivel fue reconocido y definido por Hubach (1952). Se ubica estratigráficamente entre el nivel inferior de la Formación Bucaramanga (Miembro Órganos) y el nivel superior (Miembro Gravoso) en contactos netos plano paralelos. Es una extensa capa lenticular horizontal, más o menos continua, de unos 15 m de espesor promedio, donde alternan niveles arcillosos, limoarenosos y arenolimosos, de colores gris verdosos.

Los mejores afloramientos se encuentran en las canteras de la antigua ladrillera Bucaramanga y en la empresa de ladrillos y tubos donde es explotada para la producción de ladrillos y tejas. Otros sectores donde aflora son los barrios Ciudadela Real de Minas, Campo Hermoso y La Feria entre otros.

La geometría de sus niveles es tabular a lenticular, con espesores que oscilan entre 5 y 40 cm, de estratificación plana paralela, cruzada y ondulosa. La secuencia del miembro Finos se puede dividir en dos conjuntos: 1) Conjunto Arcilloso: Localizado hacia la base, se caracteriza por ser arcillo-limoso, masivo, de colores grises a verdes, con estratificación plana paralela, en donde el espesor varía ampliamente, como en el barrio el Porvenir (9 m) y cuchilla de Palomitas (2 m). 2) Conjunto Arenoso: Se localiza hacia el techo, donde muestra una alternancia de niveles arenolimosos con niveles limoarenosos arcóscicos de colores amarillento a pardo amarillento. Hacia la base de este conjunto predominan costras y un nivel arcilloso pardo oscuro. En la cuchilla Palomitas solo se observan las arcillas grises a verdes en contacto erosivo con el suprayacente miembro Gravoso (Qbg). En el barrio Malpaso, el miembro Finos, muestra niveles arenosos abigarrados, con un nivel intermedio de base conglomerática, suprayaciendo un nivel arcillo arenoso, de color gris verdoso, moteado de blanco, producto de la alteración de los feldespatos.

En los sitios donde aflora su geomorfología corresponde a escarpes, observándose un grado de alteración moderada con consistencia plástica para el

Conjunto Arcilloso. El Miembro Finos es, en gran parte del área, un nivel guía de baja permeabilidad.

El ambiente de depositación de este miembro es de depósitos de ambiente aluvial de intercanales poco profundo, de baja energía y de escasas interdigitaciones de flujo de escombros de facies arenosas.

4.4.3 Miembro Gravoso (Qbg). Definido por Niño y Vargas (1992), ubicado sobre la escarpa occidental y norte de Bucaramanga, también conforma los escarpes superiores de la parte alta del nacimiento de la quebrada La Iglesia, en los alrededores de los barrios Lagos del Cacique, Diamante II y San Luis. Otras secciones importantes se localizan en los barrios La cumbre, La Feria, Polvorines, Don Bosco y la vía a Café Madrid. La morfología que presenta el miembro Gravoso es similar a la del Organos en los sectores de los valles de las quebradas, pero hacia la parte sur de la quebrada la Iglesia la morfología corresponde a colinas suaves onduladas, con un drenaje dendrítico. Su espesor varía entre 8 y 30 m; presenta niveles gravosos, gravoarenosos y gravolodosos. Los cantos son, en su mayor parte, tamaño grava de diámetro promedio 15 cm y bloques de roca, en menor cantidad, hasta de 0,8 m de diámetro, subangulares a subredondeados, en matriz areno-arcillo-limosa, color pardo rojizo, rojizo y ocre pálido; en general el depósito es matriz soportado, aunque localmente se presenta clasto soportado.

El contacto inferior con el miembro Finos es neto, continuo y suavemente ondulado y el contacto superior con el miembro Limos rojos es gradacional³⁶.

Macroscópicamente se estima que la matriz representa alrededor de un 60% del volumen total, con aproximadamente unas 2/3 partes de arena tamaño medio a

³⁶ NIÑO, A. E., VARGAS, G. 1992. Geología y Geotecnia de la Escarpa Noroccidental de la Meseta de Bucaramanga. Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia.

grueso y 1/3 de finos. Los cantos están compuestos en su mayor parte por rocas metamórficas-ígneas del Macizo de Santander, y areniscas cuarzosas, areniscas limosas y limolitas moradas de las Formaciones Girón y Jordán. La matriz, por su parte, es de composición cuarzo-feldespática micácea (cuarzo, plagioclasas, láminas de moscovita), de consistencia media y de baja cohesión. Existen unos depósitos bastante meteorizados que cubren el cerro La Cumbre, probablemente pertenecientes al Miembro Gravoso, los cuales pudieron ser levantados por acción tectónica; en éste caso, los materiales que lo componen son en su mayor parte cantos y bloques de rocas sedimentarias de las Formaciones Girón y Jordán, cuyas características litológicas ya se han perdido debido a su alteración, embebidos en una matriz arcillosa de colores rojo y amarillo. Los depósitos que conforman el miembro Gravoso presentan un grado de meteorización medio a alto. Los bajos porcentajes de humedad natural ($W < 15\%$), el predominio granular y el grado de meteorización sugiere que, al menos la parte superficial de este miembro, tiene poca compactación y buena permeabilidad. El ambiente de depositación indica un dominio de flujo de escombros.

4.4.4 Miembro Limos Rojos (Qblr). Nivel definido por Julivert (1963)³⁷. Este miembro se localiza en el sector urbanizado de Bucaramanga, aunque no en forma uniforme y se continúa hacia el sur, hasta el sector norte del municipio de Floridablanca. Geomorfológicamente este miembro constituye lo que anteriormente se denominaba como “Meseta de Bucaramanga”, con relieve semiplano y pendientes entre 2 y 7%; el drenaje es escaso paralelo y superficial (Niño y Vargas, 1992)³⁸. Está constituido por arenas arcillosas gravosas y limos de colores rojizos, amarillentos y naranjas. Se observó la presencia esporádica de bloques angulares de arenisca asociados superficialmente a este miembro; estos cantos pueden estar embebidos dentro de limos rojos y se caracterizan por estar

³⁷ JULIVERT, M. 1958. La Morfoestructura de la Zona de las Mesas al SW de Bucaramanga. Boletín de Geología. vol. 1. p. 9-40. Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia.

³⁸ NIÑO, A. E., VARGAS, G. 1992. Geología y Geotecnia de la Escarpa Noroccidental de la Meseta de Bucaramanga. Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia.³⁸

meteorizados. Suprayace al segmento gravoso y su contacto con éste es gradacional.

La parte más superficial de este miembro se encuentra altamente meteorizada, formándose en algunos sectores niveles de oxidación que le ayudan a incrementar su compactación y resistencia a la erosión. El ambiente de depositación indica un dominio de flujo de lodos combinados con caídas de bloques de la pendiente del macizo.

5. METODOLOGÍA

Para el cumplimiento óptimo de los objetivos propuestos en este proyecto se desarrollaron 4 fases, las cuales están ordenadas sistemáticamente. A continuación se explica de manera detallada cada una de las fases:

5.1 PRIMER FASE: Recopilación de la Información.

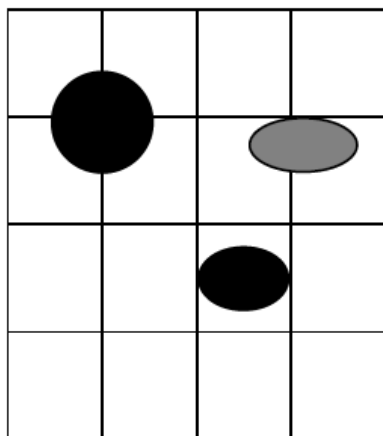
Determinada la zona de estudio, se procede a la adquisición de información. Partiendo del mapa geológico de la zonificación sismogeotécnica indicativa del Área Metropolitana de Bucaramanga, como mapa de referencia, debido a que se encuentra actualizado. Se realiza la consulta de fuentes bibliográficas principalmente en la Biblioteca de la UIS, IGAC, INGEOMINAS, Gobernación de Santander, como también bases de datos en línea, con el propósito de extraer los estudios realizados previamente, la profundidad de estos mismos y reorganizando esta información cronológicamente para la realización del informe conformado por los antecedentes. Luego se realiza la investigación de conceptos geológicos previos, necesarios para la realización del proyecto, como también la generación de un plan de trabajo en campo.

5.2 SEGUNDA FASE: Trabajo de campo.

El trabajo de campo se realizó en el Municipio de Girón en el barrio Rincón de Girón. El trabajo en campo consistió en realizar inicialmente un recorrido de la zona de estudio para identificar los mejores afloramientos para el levantamiento geológico y la ubicación en el mapa, además de la obtención de las coordenadas

por medio de un GPS. La identificación se hace basándonos principalmente en el fácil acceso al afloramiento, la zona está cerca de una pequeña cantera, lo cual nos brinda seguridad. Este afloramiento cumple con los requisitos principales que es la accesibilidad al conteo de clastos y es la base del Miembro Órganos. Los conteos que se realizaron en los primeros metros de la base del Miembro Órganos, no se pudieron hacer conteos en la parte superior del afloramiento debido a que los clastos se encuentran muy oxidados y meteorizados. El segundo paso a realizar en el trabajo de campo, consistió en la recopilación de información litológica observable, lo que comprende las características y descripción sedimentológica del afloramiento, identificación de estratos, estratificación, descripción textural, tamaños de partículas, ordenamiento, espaciamiento, columnas estratigráficas, fotografías.

Figura 3. Representación Método por Área.



La textura y composición de los conglomerados se estudiaron directamente en el afloramiento, dado el tamaño de la muestra por lo general, no es posible coleccionar ejemplares para su estudio en gabinete. Todo el análisis de tamaño, forma, redondez y composición, así como la textura se realizó directamente en campo utilizando métodos cuantitativos de análisis.

El propósito fundamental del conteo es la determinación cuantitativa de los porcentajes de cada uno de los tipos de clastos dentro de una población.

Para la realización de los conteos de clastos se usó el Método por Área, el cual se selecciona una zona con clastos de tamaño más o menos homogéneo y se procede al conteo utilizando una retícula cuyo espaciamiento estará en función del

tamaño de los clastos, para nuestro caso, la malla usada tiene un área de 1 m² con un espaciamiento de 10 cm. por nodo, es decir, 1 m² dividido en cuadrados de tamaño 10x10 cm. en donde se identifican y se cuentan los clastos que quedan en los nodos de la retícula de la malla usada.

Figura 4. Método por Área. Miembro Órganos, Municipio de Girón, Barrio Rincón de Girón.



Con este método es posible obtener 100 puntos por cada m²; en cada punto de la malla se realiza una descripción textural del clasto y se determina el tipo de roca, consecutivamente se tabulan los datos obtenidos en tablas predeterminadas para su posterior análisis.

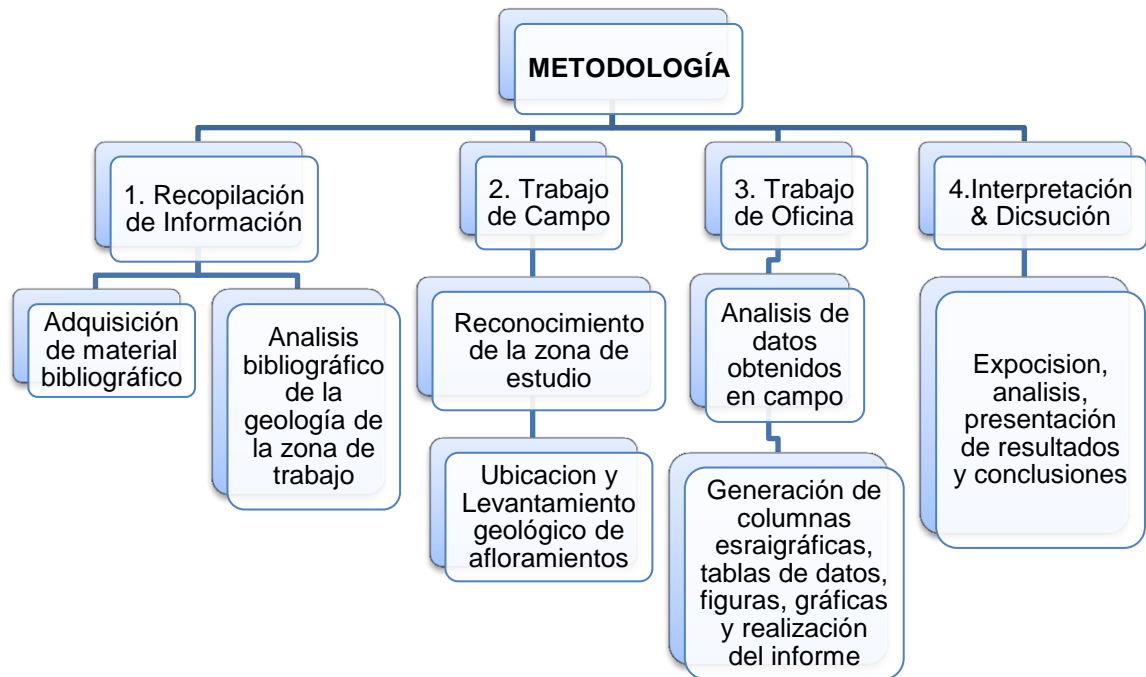
5.3 TERCERA FASE: Trabajo de oficina.

Consiste principalmente en analizar y comparar la información adquirida en campo con la información existente de estudios anteriores y antecedentes de la zona de estudio, para así determinar los cambios o posibles errores, corregirlos y actualizarlos. Se procede a realizar el informe final el cual incluye los fundamentos del proyecto, el marco teórico y geológico, presentación de los datos obtenidos en campo, tablas, gráficas y columnas estratigráficas. Esta tercera fase del trabajo de oficina se realiza en medio digital, usando software de edición de texto, así como también herramientas especializadas en el procesamiento y edición de imágenes y fotografías.

5.4 CUARTA FASE: Interpretación y Discusión.

La integración de los datos y análisis obtenidos en campo se usan como herramientas para la interpretación de eventos y exposición de las características sedimentológicas de la zona de estudio. Con base en esos resultados y a partir de conocimientos geológicos previos, se procede a realizar la presentación de resultados y las conclusiones obtenidas.

Figura 5. Resumen Metodología de Trabajo. Mapa Conceptual.



6. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

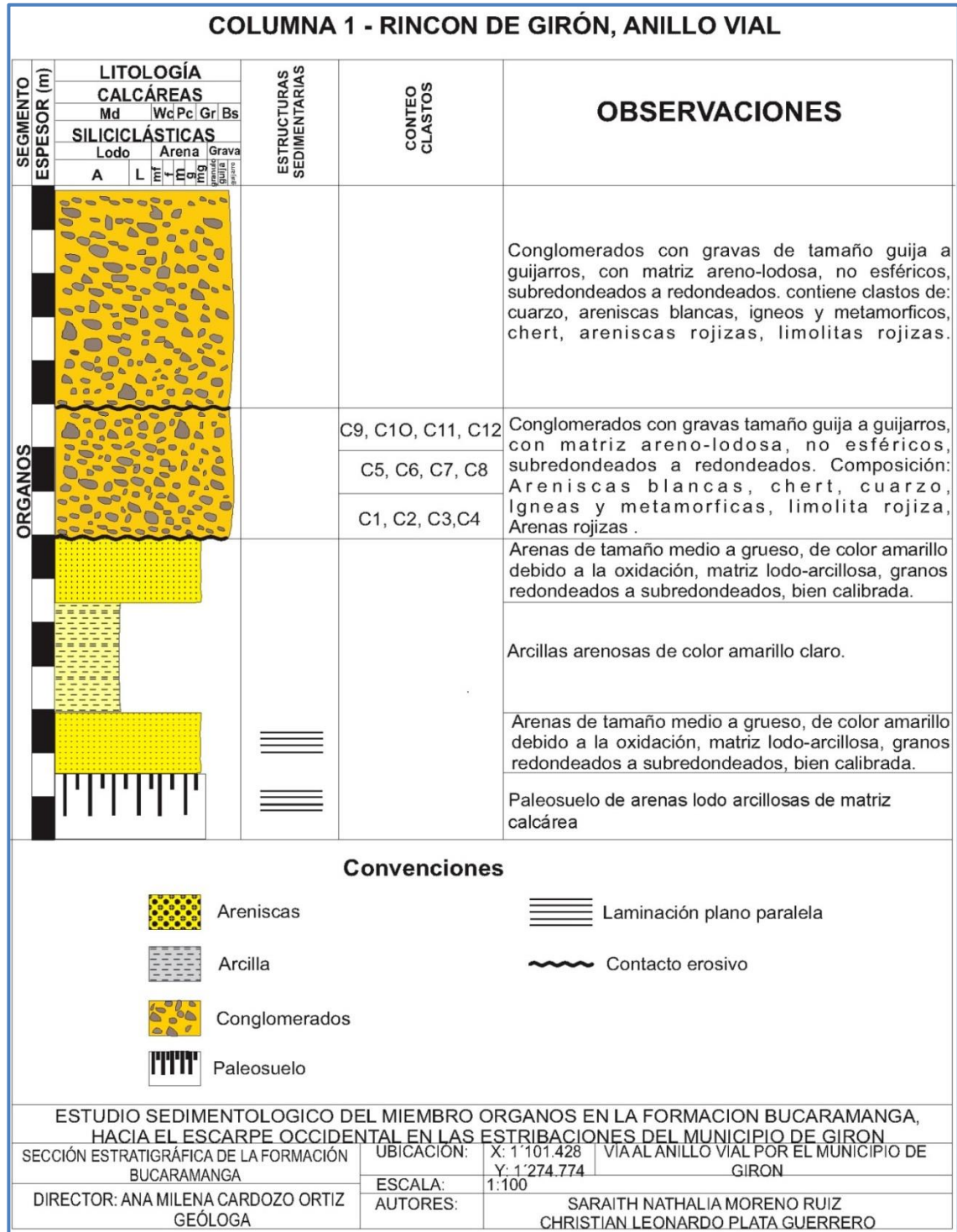
6.1 COLUMNA ESTRATIGRÁFICA GENERALIZADA - FORMACIÓN BUCARAMANGA.

En esta columna es posible detallar cada uno de los miembros correspondientes a la Formación Bucaramanga de una forma general, donde se observa la variación granulométrica en cada una de las capas de los diferentes miembros rocosos. (Ver Anexo A).

6.2 COLUMNA ESTRATIGRÁFICA 1 – MIEMBRO ÓRGANOS, RINCÓN DE GIRÓN, ANILLO VIAL.

El levantamiento de esta columna número 1 se llevó a cabo en la vía que conduce hacia el anillo vial por el Municipio de Girón, en dirección Norte del barrio rincón de Girón, en las coordenadas X: 1´101.428 y Y: 1´274.774. De base a techo, el primer estrato correspondiente a un paleosuelo, seguido por unas capas de arena de tamaño medio a grueso de color amarillo debido a la oxidación, con una matriz lodo-arcillosa, la forma de los granos son redondeados a sub-redondeados, bien calibrada, las cuales se encuentran intercaladas con arcillas arenosas de color amarillo claro, en la parte superior del afloramiento se encuentran dos capas de conglomerados con gravas de tamaño guija a guijarros, con matriz areno-lodosa, no esféricos, de forma sub-redondeados a redondeados, contiene clastos de: cuarzo, areniscas blancas, chert, areniscas rojizas, limolitas rojizas, fragmentos ígneos y metamórficos. (Ver Anexo B). En los anexos B y C se describen las litologías presentes las cuales se plasmaron en columnas estratigráficas.

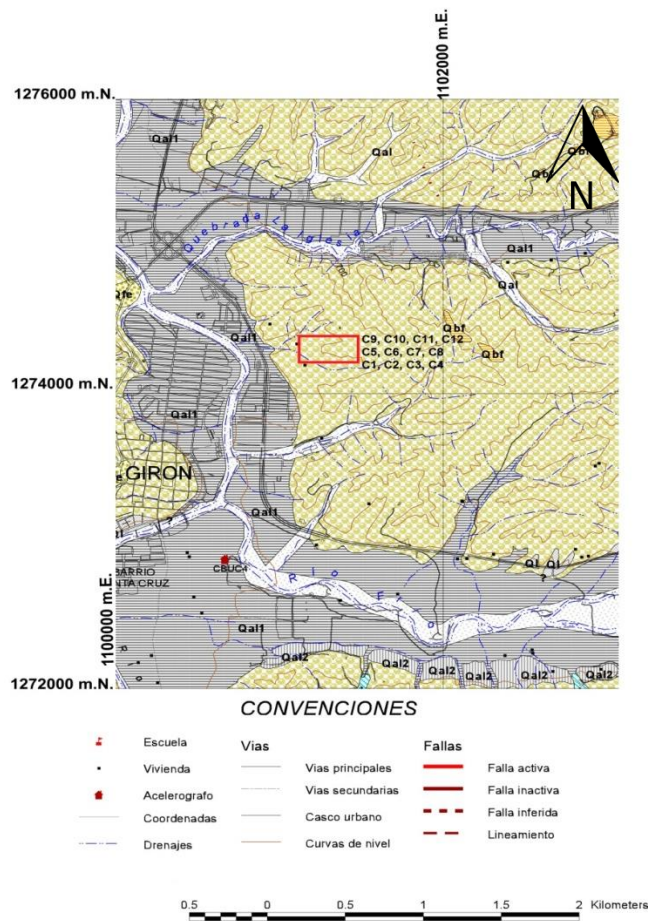
Figura 6. Columna Estratigráfica 1, Miembro Órganos, Rincón de Girón, Anillo Vial.



6.3 DESCRIPCIÓN Y CONTEO DE CLASTOS

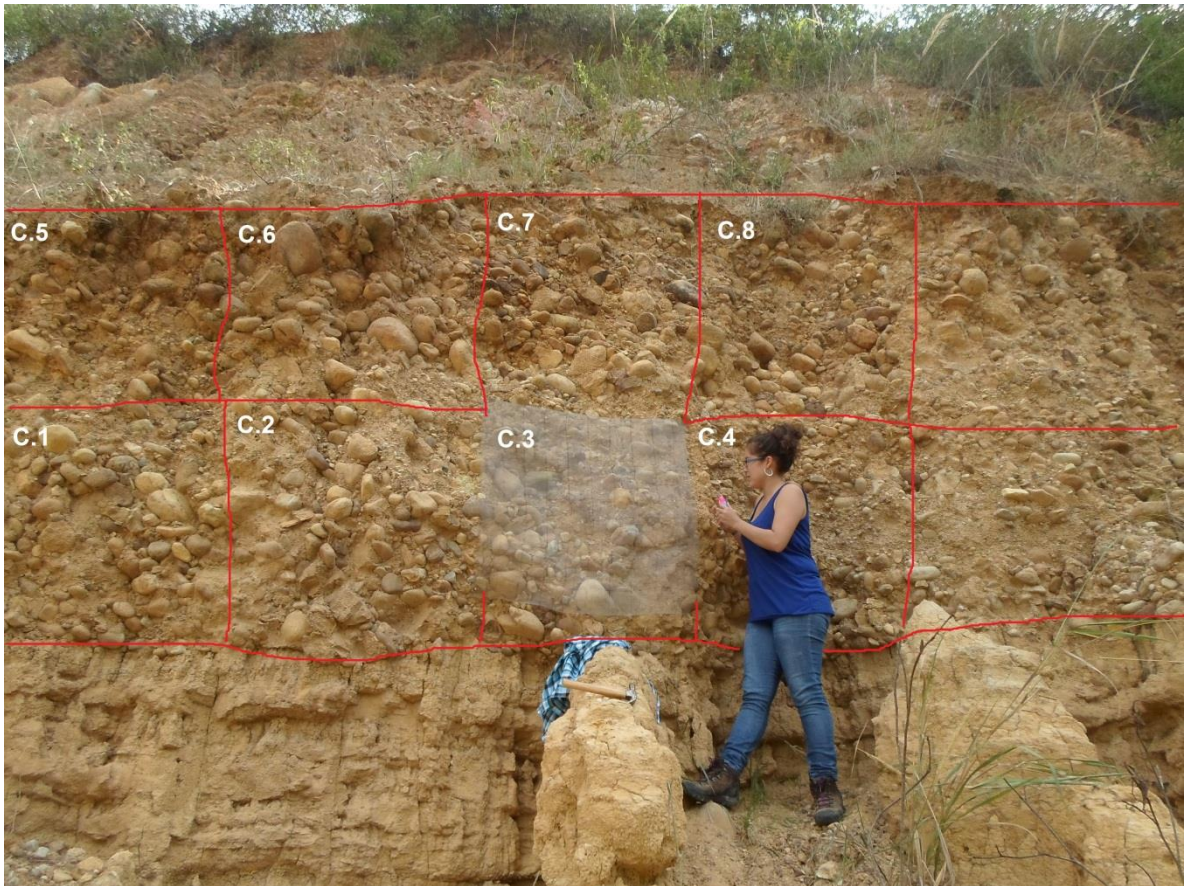
Para el Estudio Sedimentológico del Miembro Órganos en La Formación Bucaramanga en las estribaciones del Municipio de Girón, se tomaron 12 conteos de clastos en un sector específico en la zona de estudio. Los conteos de clastos se realizaron en el Miembro Órgano hacia su base, lo que comprende la parte distal del abanico. En el Anexo 3 se encuentra el mapa geológico con la ubicación del lugar correspondiente al conteo de los clastos.

Figura 7. Mapa Zona de Trabajo, conteos de clastos y columnas estratigráficas. Tomado de: Mapa Geológico de la Zonificación Sismogeotécnica Indicativa del Área Metropolitana de Bucaramanga 2001.



(Ver Anexo C).

Figura 8. Fotografía de la distribución de los conteos de clastos sobre el afloramiento



A continuación se muestran las tablas correspondientes a los conteos de los clastos en cada uno de los sitios de trabajo en la zona de estudio.

La tabla 1, presenta los resultados arrojados por los conteos de clastos respectivamente.

Tabla 1. Conteo de Clastos y Ubicación. (Autores, 2015)

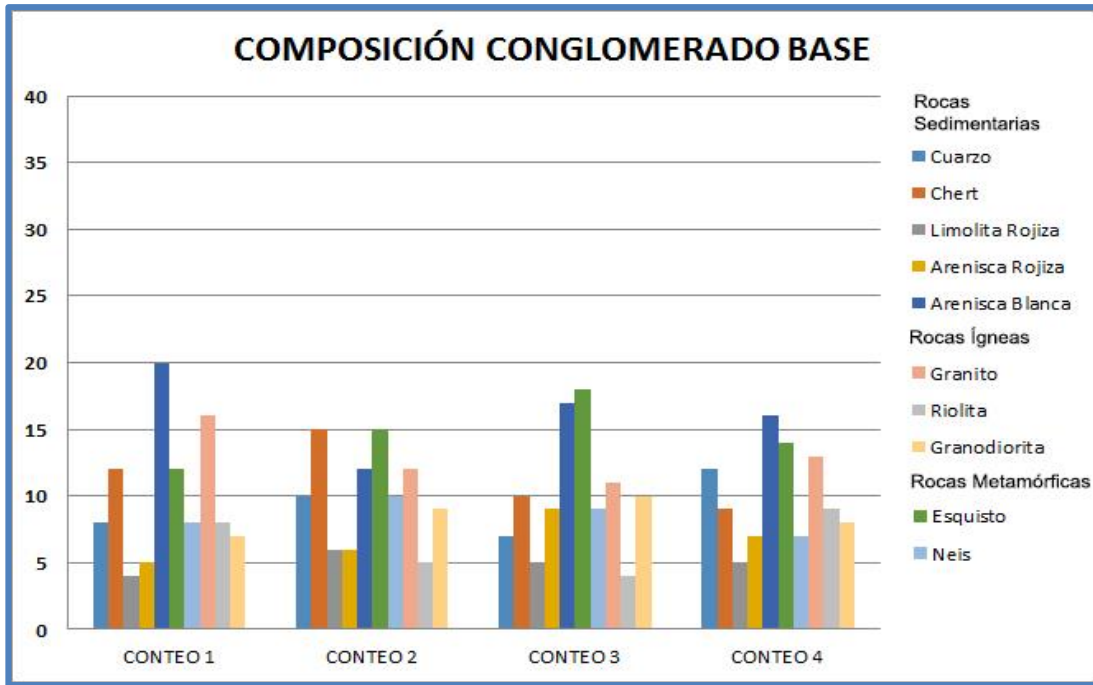
CONTEO DE CLASTOS DE BASE A TECHO DEL CONGLOMERADO						
CONTEOS		CONTEO 9	CONTEO 10	CONTEO 11	CONTEO 12	TECHO
COMPOSICION						
Granodiorita		10	6	9	11	
Riolita		9	4	7	8	
Granito		13	10	11	14	
Neis		7	5	6	8	
Esquisto		8	4	12	7	
Arenisca Blanca		30	30	27	19	
Arenisca Rojiza		3	16	5	4	
Limolita Rojiza		5	4	5	9	
Chert		9	10	12	6	
Cuarzo		6	11	6	14	
CONTEOS		CONTEO 5	CONTEO 6	CONTEO 7	CONTEO 8	TECHO
COMPOSICION						
Granodiorita		12	8	6	5	
Riolita		11	6	8	5	
Granito		10	14	12	17	
Neis		4	7	5	10	
Esquisto		6	9	12	5	
Arenisca Blanca		37	16	26	23	
Arenisca Rojiza		2	9	11	4	
Limolita Rojiza		3	8	6	6	
Chert		10	14	5	7	
Cuarzo		5	9	9	18	
CONTEOS		CONTEO 1	CONTEO 2	CONTEO3	CONTEO 4	BASE
COMPOSICION						
Granodiorita		7	9	10	8	
Riolita		8	5	4	9	
Granito		16	12	11	13	
Neis		8	10	9	7	
Esquisto		12	15	18	14	
Arenisca Blanca		20	12	17	16	
Arenisca Rojiza		5	6	9	7	
Limolita Rojiza		4	6	5	5	
Chert		12	15	10	9	
Cuarzo		8	10	7	12	
UBICACIÓN		X= 1102717 Y= 1272844				
MIEMBRO ORGANOS						

Figura 9. Estratificación Plano-Paralela, Intercalación de areniscas, arcillas y conglomerados, secuencia granocreciente, formación de estoraques.

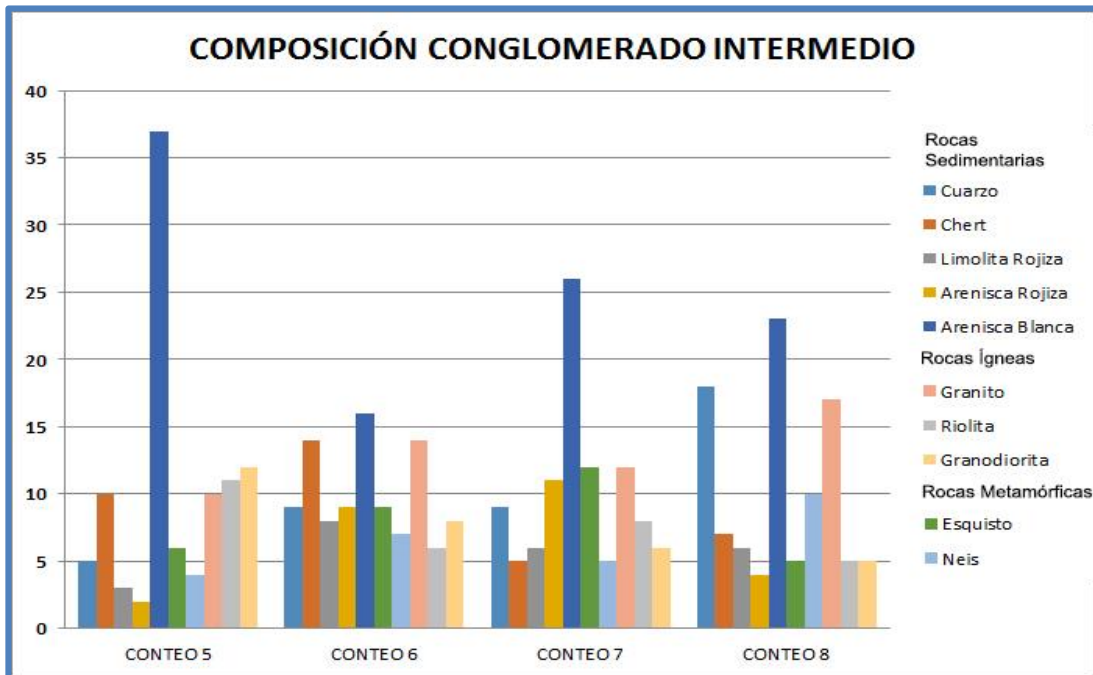


Ordenados y ubicados los datos obtenidos, se procede a realizar los porcentajes con los cuales se determina la proporción de cada una de las clases de clastos, y su espaciamento por el Miembro rocoso. Por medio de las gráficas realizadas es posible comprender el comportamiento compocisional de los clastos.

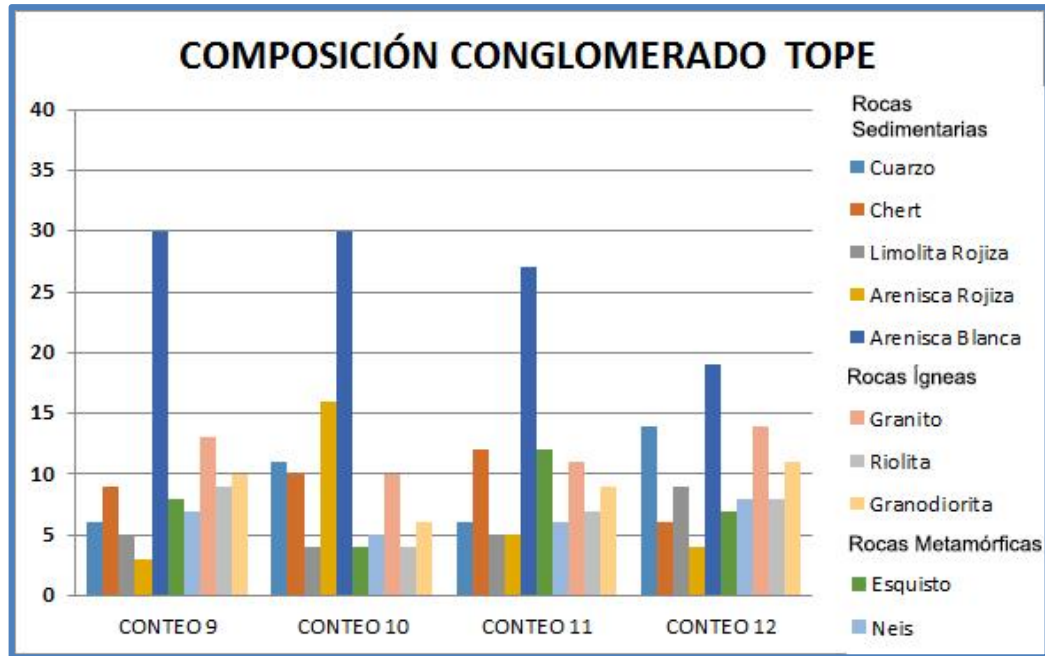
Grafica 1. Variación composicional de clastos en conglomerado, p. inferior. Conteos 1, 2, 3, 4.



Grafica 2. Variación composicional de clastos en conglomerado, p. intermedia. Conteos 5, 6, 7, 8.



Grafica 3. Variación composicional de clastos en conglomerado, p. superior. Conteos 9, 10, 11, 12.



Los clastos clasificados como rocas metamórficas son en su mayoría neises y esquistos, y comprenden aproximadamente el 20% de los clastos. En la Gráfica 3 se observa la distribución de clastos en los conglomerados estudiados.

Grafica 4. Porcentajes de Clastos según el tipo de roca.

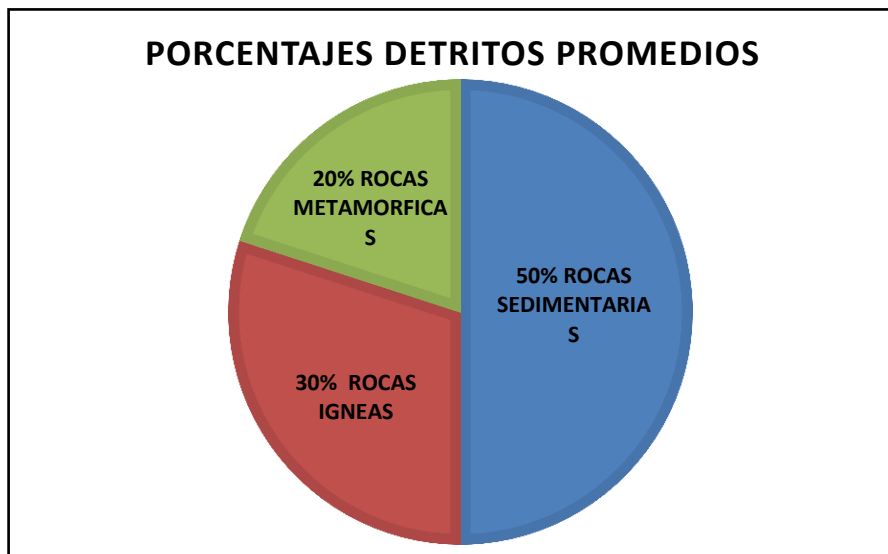


Figura 10. Método por Área para Conteo de Clastos, Base del Miembro Órganos, Rincón de Girón.



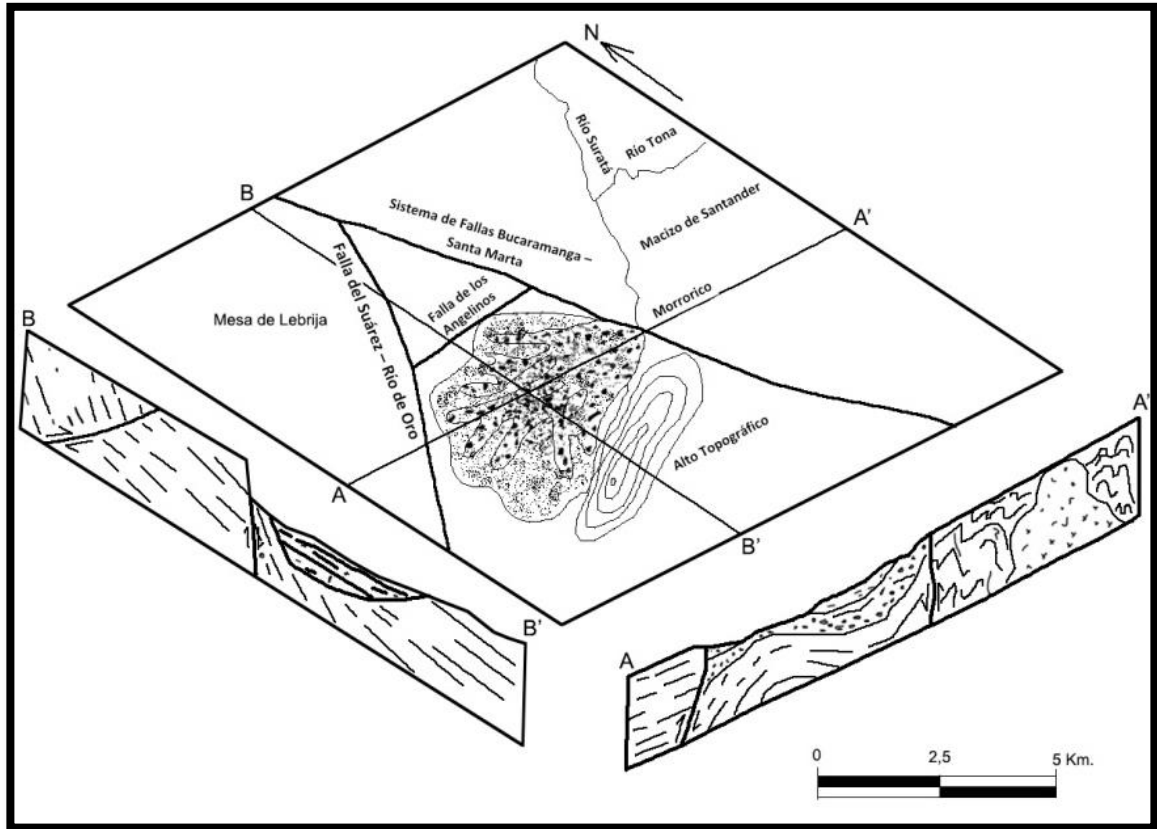
Figura 11. Disposición de los Clastos Miembro Órganos, Formación Bucaramanga. Anillo Vial, en dirección Este del Municipio de Girón, Barrio Rincón de Girón.



6.4 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

La Formación Bucaramanga se puede interpretar como un ambiente sedimentario de tipo continental y definirse como un abanico aluvial, el cual se ha desarrollado en diferentes etapas y bajo distintos episodios geológicos durante el periodo Cuaternario. El abanico de Bucaramanga se encuentra sobre una dovela, como producto de la interacción del Sistema de fallas Bucaramanga – Santa Marta y el Sistema de Fallas del Suárez; esta plataforma y su geometría resulta ideal para la captura de sedimentos en forma de abanico aluvial para nuestro caso, el cual puede explicarse con el siguiente diagrama:

Figura 13. Diagrama



Las rocas que se encuentran sobre el trazo de la Falla Bucaramanga – Santa Marta, presentan deformación debido a los esfuerzos a las que se encuentran sometidas y en conjunto con la actividad tectónica relacionada con las fallas satélites aledañas al área del proyecto, tienden a formar una zona de depresión la cual resulta un poco más abollada en dirección Norte.

El Miembro Órganos perteneciente a la Formación Bucaramanga (Niño y Vargas, 1992)³⁹, es el miembro de mayor extensión y es aquel que presenta afloramientos escarpados en dirección oeste al Municipio de Girón, correspondiente a la parte distal del abanico. Se estima un espesor aproximado de 190 m. el cual lo convierte

³⁹ NIÑO, A. E., VARGAS, G. 1992. Geología y Geotecnia de la Escarpa Noroccidental de la Meseta de Bucaramanga. Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia.

en el miembro más potente de la Formación. Esta medición se realizó partiendo de en la base visible del miembro Órganos en el Municipio de Girón, anillo vial, costado derecho en dirección norte, costado izquierdo del SENA de Girón, hasta un afloramiento ubicado en la Ciudadela Real de Minas, en el Polideportivo del Barrio Bucaramanga, donde se observa el contacto del Miembro Órganos y el Miembro Finos respectivamente, la diferencia de alturas puede sugerir un aproximado del espesor del miembro. (Ver Anexo D).

La textura de este miembro presenta diferentes tamaños de partículas, que pueden variar entre limos, arenas y gravas tipo guijarros y en menos proporción cantos, la mayoría resultan ser de textura gruesa, formando así conglomerados.

Figura 14. Miembro Órganos, Fotografía tomada desde la panorámica vía al Aeropuerto Palonegro.

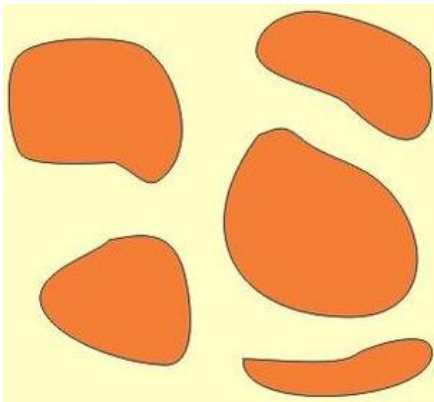


Se presentan alternancias de estos conglomerados con lentes de arena amarillentas de grano fino y material sedimentario, incluso variaciones de estos tamaños se pueden encontrar a lo largo y ancho del barrio Rincón de Girón, anillo vial. Este tipo de textura sedimentaria facilita los procesos erosivos dando origen expresiones geomorfológicas de formas ramificadas y delgadas en cresta, que a su vez dan origen a los estoraques; cuando los procesos erosivos persisten en el tiempo y como resultado de estos eventos, el drenaje observado corresponde a dendrítico subparalelo. Los niveles finos que se pueden observar, pertenecen a arenas arcillosas en su mayoría; hacia la base del Miembro Órganos se encuentran presencia de matriz calcárea en baja cantidad, 15 %, que reacciona típicamente al ácido clorhídrico.

Figura 15. Miembro Órganos – Base. Anillo Vial, Municipio de Girón, Rincón de Girón, Costado Sur SENA. Estratificación Plano-paralela, Intercalaciones de Conglomerados, areniscas gravosas, arenas arcillosas.



Los conglomerados se encuentran distribuidos en capas gruesas con espesores variables que abarcan desde los 2 metros hasta los 16 metros; texturalmente, el armazón de estas litologías puede variar de clastosoportados, gravosoportados y matrizsoportados. Los tamaños de los clastos varían entre 5 a 30 cm y no superan 1 m de diámetro, con formas redondeadas a subredondeadas y mal calibrado, su matriz es arenarcillosa principalmente de color amarillo pálido y en algunos niveles grises a amarillo. Estas rocas conglomeráticas no se encuentran bien consolidadas y varios de los afloramientos se encuentran meteorizados, posean alta permeabilidad y son fácilmente erodables. El ambiente de depositación de este miembro se relaciona con flujos de escombros y flujos torrenciales, debido al ordenamiento aleatorio de los clastos, los cuales no presentan patrón alguno.



Los conglomerados del Miembro Órganos en la Formación Bucaramanga se pueden clasificar como Paraconglomerados, debido a que presentan una matriz arenosa y arcillosa en proporción superior al 15% y en muchas veces puede alcanzar el 35%, por lo que puede relacionarse con una arenisca arcillosa en la que los clastos mayores están flotando. También se usa el término diamictita para rocas detríticas en las que los granos están flotando en la matriz. Podemos considerar los conglomerados estudiados, como conglomerados polimícticos puesto a que corresponden a una mezcla de roca formada por tamaños diversos y además los clastos poseen una composición diferente.

Figura 16. Conglomerados Base Miembro Órganos Formación Bucaramanga.



7. CONCLUSIONES

En las columnas estratigráficas realizadas se lograron apreciar los cuatro Miembros que corresponden a la Formación Bucaramanga (Niño y Vargas, 1992), se conjugaron con las columnas estratigráficas existentes y se analizaron las correspondencias, teniendo en cuenta la textura y composición litológica de cada capa, con lo cual se consiguió realizar una columna estratigráfica generalizada de la Formación Bucaramanga donde fue posible observar la variación en la composición de los clastos vertical y lateralmente.

Los niveles conglomeráticos hacia la base Miembro Órganos en la Formación Bucaramanga (Niño y Vargas, 1992), se caracterizan por la abundancia cantidad de clastos ígneos y metamórficos principalmente, además de otros tipos de rocas sedimentarias, los cuales los clasifican como paraconglomerados.

Con el estudio de conteo de clastos en la base del Miembro Órganos, hacia el Rincón de Girón, se lograron determinar las débiles variaciones en la composición de los Paraconglomerados de forma horizontal a la estratificación, caso contrario cuando se analiza verticalmente, donde se observa una mayor variación en la composición de los clastos.

Partiendo del perfil de elevación y las columna estratigráfica generalizada en la base del Miembro Órganos en el Municipio de Girón, Rincón de Girón, se obtuvo como resultado un espesor aproximado de 190 metros comprendido por una secuencia de base techo de litologías que en su mayoría corresponden a intercalaciones entre conglomerados, areniscas gravosas, arcillas y lentes de arena, con características granocrecientes típicas de sistemas relacionados con abanicos aluviales.

Las características sedimentológicas texturales en el Miembro Órganos, se encuentran definidas por niveles conglomeráticos de tamaño grava principalmente, que se abarcan desde gránulos hasta guijarros y en menor proporción cantos, muy mal calibrados y completamente desordenados sin orientación aparente, lentes de arena entre las capas, intercalaciones de niveles areno-arcillosos, de estratificación plano – paralela conjuntamente.

Las litologías presentes en la base del Miembro Órganos, en la Formación Bucaramanga (Niño y Vargas, 1992), al Oriente del Municipio de Girón, no se encuentran bien consolidadas, en consecuencia los procesos erosivos se pueden evidenciar claramente y en este punto facilitan la formación de formas conocidas como estoraques.

Los clastos pertenecientes a la base del Miembro Órganos, hacia el barrio Rincón de Girón, cuentan con características composicionales necesarias para su uso como materias primas en la industria de la construcción, la predominancia de clastos ígneo – metamórficos y el alto contenido de sílice, confirman la buena calidad de estos materiales, más específicamente en triturados.

BIBLIOGRAFÍA

DE PORTA, J. La Terraza de Bucaramanga. Boletín de Geología. vol. 3. p. 5-13. Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia. 1958

GRAHAM, S. A., TOLSON, R. B., DECELLES, P. G., INGERSOLL, R. V., BARGAR, E., CALDWELL, L. M., CAVAZZA, W., EDWARDS, D. P., FOLLO, M. F., HANDSCHY, J. F., LEMKE, L., MOXON, I., RICE, R., SMITH, G. A., WHITE, J. Provenance modeling as a technique for analyzing source terrane evolution and controls on foreland sedimentation. Special Publication of the International Association of Sedimentologists. vol. 8. p. 425-436 1986

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES GEOLÓGICO MINERAS – INGEOMINAS. Proyecto GEO-08-09 Modelo de Evolución Morfotectónica Cuaternaria Basado en Evidencias Estructurales, Neotectónica y Paleosismológicas de los Principales Sistemas de Falla en la Región de Bucaramanga. 2008

JULIVERT, M. La Morfoestructura de la Zona de las Mesas al SW de Bucaramanga. Boletín de Geología. vol. 1. p. 9-40. Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia. 1958

JULIVERT, M.. Geología de la Vertiente W del Macizo de Santander en el Sector de Bucaramanga. Boletín de Geología. vol. 3. p. 12-32. Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia. 1959

KLEIN, M. The relation between channel geometry and suspended sediment transport in the downstream direction. Zeitschrift fur Geomorphologie 26. 1982 p. 491-494

NILSEN, T. H.. Bibliography of alluvial-fan deposits. Universidad de Michigan 1984

NIÑO, A. E., VARGAS, G. Geología y Geotecnia de la Escarpa Noroccidental de la Meseta de Bucaramanga. Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia. 1992

NIÑO, A. E., VARGAS, G. Modelo de Evolución para el Abanico de Bucaramanga. FACIES-UIS. vol. 2. p. 12-18. Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia. 1993

READING, H. G.. Sedimentation in oblique-slip mobile zones. Special Publication of the International Association of Sedimentologists. Vol. 4. 1980 p. 7-26

TORRES, D., PINEDA, D. Geología, Definiciones, Ramas, Principios y Tiempo Geológico. UNELLEZ.

VERA - TORRES. Estratigrafía Principios y Métodos. Editorial Rueda. Madrid, España. 1994

ANEXOS

(Ver en carpeta anexa)