

**ANÁLISIS SEDIMENTOLÓGICO DEL MIEMBRO PRE-ÓRGANOS (CALCÁREO)
EN EL ABANICO ALUVIAL DE BUCARAMANGA (SECCIÓN RÍO DE ORO-
GIRÓN).**

**JESSICA MELISSA ARÉVALO AVENDAÑO
MAIRA ALEJANDRA RINCÓN DUARTE**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOQUÍMICAS
ESCUELA DE GEOLOGÍA
BUCARAMANGA**

2016

**ANÁLISIS SEDIMENTOLÓGICO DEL MIEMBRO PRE-ÓRGANOS (CALCÁREO)
EN EL ABANICO ALUVIAL DE BUCARAMANGA (SECCIÓN RÍO DE ORO-
GIRÓN).**

**JESSICA MELISSA ARÉVALO AVENDAÑO
MAIRA ALEJANDRA RINCÓN DUARTE**

Proyecto de grado para optar al título de Geóloga

**Director:
GUILLERMO VARGAS PIESCHACÓN
Geólogo**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOQUÍMICAS
ESCUELA DE GEOLOGÍA
BUCARAMANGA**

2016

DEDICATORIA

"Pero por la gracia de Dios soy lo que soy; y su gracia no ha sido en vano para conmigo, antes he trabajado más que todos ellos; pero no yo, sino la gracia de Dios conmigo." 1 Corintios 15:10.

Con esto muestro que mi principal guía y agradecimiento es para Dios, por toda la sabiduría impartida en estos años de gran aprendizaje para mi vida.

Mi madre Alba Luz Arandaño y mi padre Luis Jesús Arévalo, por brindarme su apoyo incondicional y acompañarme en este camino donde tanto ellos como yo, hemos crecido como personas y superamos todos las pruebas que se nos presentaron en el camino.

A mi hermana Laura Andrea Arévalo, por ser una compañera fiel y soportar todos los momentos tanto buenos como malos y aprender de estas vivencias.

A Alejandra Rincón Duarte por dejarme ser parte de este último proyecto y el más importante tal vez para conseguir el que hasta ahora se convierte en nuestro principal sueño y meta.

A mis amigos y compañeros por los conocimientos transmitidos y por su valiosa compañía en todo momento.

Jessica Melissa Arévalo Arandaño

DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico a Dios por darme la fuerza, sabiduría, paciencia y capacidad para llevar a cabo este proyecto.

A mis padres René Rincón y Yamile Duarte por el apoyo incondicional durante este tiempo, por sus sabios consejos, por creer en mí y ayudarme a superar todos los obstáculos, por enseñarme a luchar, por su amor y confianza.

A mi hermana Camila Rincón quien fue mi apoyo, confió en mí, por ser mi compañía, y mi fortaleza para terminar este proyecto.

A mis amigos y compañeros que estuvieron apoyándome especialmente a mi amiga y compañera de tesis que con sus conocimientos fue un pilar fundamental para el desarrollo de esta investigación.

Maira Alejandra Rincón Duarte

AGRADECIMIENTOS

Nuestro principal agradecimiento es al profesor y geólogo Guillermo Vargas por su apoyo, orientación y enseñanzas durante todas las etapas desarrolladas en este proyecto.

A la Empresa LADRILLERA BAHONDO S.A.S por permitirnos desarrollar nuestro trabajo siendo este un predio privado

A la Escuela de Ingeniería Civil por el acceso a los laboratorios de granulometría y a su vez al señor German García a cargo de los laboratorios de suelos que nos orientó y apoyó en el desarrollo de este.

Al laboratorio de Rayos-X del Parque Tecnológico Guatiguará, y a su vez al director técnico del laboratorio Hernando Quintana y al Director Dr. Antonio Henao por facilitarnos como estudiantes los estudios de Difracción de rayos X.

A la Escuela de Geología y especialmente al comité de trabajos de grado por su eficiencia en los trámites necesarios para la programación de la sustentación.

A nuestros amigos que sin esperar nada a cambio compartieron con nosotros sus conocimientos y tiempo para llevar a cabo este proyecto.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	18
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	19
2. OBJETIVOS	20
2.1 OBJETIVO GENERAL	20
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	20
3. JUSTIFICACIÓN	21
4. GENERALIDADES	22
4.1 LOCALIZACIÓN	22
4.2 VÍAS DE ACCESO	24
5. METODOLOGÍA	25
5.1 ANÁLISIS DE INFORMACIÓN	25
5.2 CAMPO	26
5.3 LABORATORIO	28
5.4 INTERPRETACIÓN	36
5.5 FINAL Y ENTREGA DE INFORME	37
6. MARCO TEORICO	38
6.1 DEPÓSITOS ALUVIALES	38
6.1.1 Abanicos aluviales	38
6.1.2 Elementos característicos de un abanico aluvial	38

6.1.3 Factores que controlan el desarrollo y la modificación de abanicos aluviales	39
6.2 ANÁLISIS DE FACIES	43
6.2.1 facies en abanicos aluviales de distintos ambientes climáticos	44
6.3 FLUJO DE LODOS	45
6.4 PALEOSUELOS	46
6.5 ABANICO ALUVIAL DE BUCARAMANGA	46
6.6 DIFRACCION DE RX	47
7. MARCO GEOLÓGICO	48
7.1 ESTRATIGRAFÍA DE LA TERRAZA DE BUCARAMANGA	49
7.1.1 Miembro Pre- Órganos	49
7.1.2 Miembro Órganos	50
7.1.3 Miembro Finos	51
7.1.4 Miembro Gravoso	51
7.1.5 Miembro Limos Rojos	52
7.2 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL	53
7.2.1 Sistema de Fallas Bucaramanga- Santa Marta	54
7.2.2 Sistema de fallas del Suárez- Río de Oro	55
8. RESULTADOS	57
8.1. DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS	57
8.1.1. Columna Estratigráfica Sector Bahondo S.A.S (AF1).	57
8.1.2. Columna Estratigráfica Sector Aldea alta (AF2).	59
8.2 PETROLOGÍA MACROSCOPICA.	62
8.3 ENSAYOS GRANULOMÉTRICOS	67

8.4. DIFRACCIÓN DE RAYOS X	76
9. ANÁLISIS DE RESULTADOS	78
9.1 COLUMNAS ESTRATIGRÁFICAS	78
9.2 ENSAYOS GRANUOMETRICOS	82
9.3 DIFRACCIÓN DE RAYOS X	84
9.4 PETROGRAFÍA	88
10 CONCLUSIONES	94
11 SUGERENCIAS	96
BIBLIOGRAFÍA	97

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Localización	23
Figura 2. Vías de acceso a las zonas de estudio.	24
Figura 3. Materiales utilizados en la realización del ensayo granulométrico: A. Tamices que van desde el número 2 al 200. B. Se muestra el proceso de lavado de las muestras. C. Tamiz de 200 usado en el lavado de las muestras. D. Báscula Shimadzu UW82005, bandeja desechable de papel aluminio. E. Horno digital de precisión Pinzuar modelo PG190. F. Tara con muestras preparadas para lavar.	29
Figura 7. Evolución Morfoestructural de la Zona de las Mesas	53
Figura 8. Afloramiento AF1, Ladrillera Bahondo, Girón –Santander.	57
Figura 9. Columna Estratigráfica 1 (AF1). Sector Bahondo.	58
Figura 10. Afloramiento AF2, Aldea Alta.	59
Figura 11. Columna Estratigráfica 2 (AF2). Sector Aldea Alta.	61
Figura 12. Muestra AM-01-0.	62
Figura 13. Muestra AM-01-06	63
Figura 14. Muestra AM-01-10.	64
Figura 15. Muestra AM-01-11.	65
Figura 16. Muestra AM-02-09	66
Figura 17. Muestra AM-02-10	67
Figura 18. Diagrama triangular para determinar la clasificación textural, según Folk y Wards (1974).	70
Figura 19. Gráfica que muestra el Diámetro (ϕ) Vs. % de Frecuencia Acumulada para la muestra AM-01-02.	71
Figura 20. Ambientes sedimentarios, para ubicar los resultados de los ensayos granulométricos.	74

Figura 21. Difracción de rayos X para la muestra AM-01-01	76
Figura 22. Difracción de rayos X para la muestra AM-02-08	76
Figura 23. Correlación de columnas estratigráficas zona 1 ubicada a la derecha de la imagen y zona 2 en la parte izquierda de la imagen se observa un cambio de espesor en los estratos 5 y 6 correspondiente a Sm y Sm(g) respectivamente, por una falla en la zona 1.	78
Figura 24. Columna Generalizada para el Miembro Pre- órganos con eventos.	79
Figura 25. Diagrama de cada uno de los ambientes obtenidos en los ensayos granulométricos: A) Till. B) Fluvial-playa.	83
Figura 26. Difracción de rayos X estandar para estos resultados.	85
Figura 27. Modelo de elevación donde se delimita el abanico aluvial de Bucaramanga y la zona de influencia de los clastos.	87
Figura 28. Capa 1, lodolita arenosa y muestra AM-01-01	88
Figura 29. Capa 3 arenisca gravo-lodosas, paleosuelo parte superior de la capa, falla 1, muestra AM-01-05.	89
Figura 30. Capa 5 arenisca lodosa, AF1, falla 2 afectando la parte derecha de la capa, muestra AM-01-07.	90
Figura 31. Segmento lodolita, con paleosuelo.	91
Figura 32. Capa 6 arenisca lodosa con algo de grava, lente en medio de la capa con la misma composición textural y mineralógica, muestra AM-01-13.	91
Figura 33. Capa 10 gravas areno lodosas, zona 2.	92
Figura 34. Paleosuelo zona 2, muestra AM-02-08.	93

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Metodología de la difracción de rayos X.	27
Tabla 2. Valores de la desviación estándar, propuestos por Folk y Ward (1974) en Pierson and Scott (en Hurtado y Murcia)	31
Tabla 3. Escala de asimetrías de Folk y Ward (1974).	31
Tabla 4. Escala de Curtosis, Folk y Ward (1974).	32
Tabla 5. Características generales de abanicos aluviales formados en diferentes ambientes. Modificado de Gómez, 1996.	44
Tabla 6. Tipos de fluidos de acuerdo a las características de la mezcla y el canal. Tomado de Erosión en masa-flujos y avalanchas	45
Tabla 7. Datos de diámetro, frecuencia, frecuencia absoluta, % frecuencia, % frecuencia acumulada para la muestra AM-01-01, la tabla presentada registra la distribución del tamaño de los sedimentos durante el ensayo granulométrico.	68
Tabla 8. Percentiles para la muestra AM-01-02.	71
Tabla 9. Parámetros estadísticos propuestos por Folk y Wards (1974) para todas las muestras.	73
Tabla 10. Clasificación textural de los sedimentos analizados en el ensayo granulométrico para cada muestra.	75

RESUMEN

TITULO:

ANÁLISIS SEDIMENTOLÓGICO DEL MIEMBRO PREÓRGANOS (CALCÁREO) EN EL ABANICO ALUVIAL DE BUCARAMANGA (SECCIÓN RÍO DE ORIGÓN).*

AUTORES:

ARÉVALO AVENDAÑO, JESSICA MELISSA; RINCÓN DUARTE MAIRA ALEJANDRA**

PALABRAS CLAVE:

Abanico de Bucaramanga, Miembro Pre-Órganos, Sedimentología, Granulometría, Difracción de rayos X, Petrología, Estadística.

DESCRIPCION:

La Formación Bucaramanga está compuesta por cinco (5) miembros que de base a techo son: Miembro Pre-Órganos (Calcáreo), Miembro Órganos, Miembro Finos, Miembro Gravoso y Miembro Limos rojos. Se realizó esta investigación en el Miembro Pre-Órganos (Calcáreo). Estudios realizados anteriormente en esta zona, enmarcaron a la Formación Bucaramanga como un abanico aluvial, con una depositación que ocurrió en el cuaternario, donde señalan al Macizo de Santander como principal área fuente.

Mediante ensayos granulométricos, análisis de difracción de rayos X (RX) y petrografía; se determinó el tamaño de grano que predomina en el segmento estratigráfico (Pre-Órganos), el ambiente de depositación de la zona de estudio, la procedencia de los sedimentos, así mismo complementando estos análisis, se determinó la caracterización composicional y textural de la zona mediante descripciones macroscópicas de las muestras recolectadas en campo. También se elaboró una columna estratigráfica en cada afloramiento analizado de la zona de estudio, con el objetivo de dar cuenta de los cambios laterales de facies y correlacionar cada zona estudiada, en base a lo anterior se propuso una columna generalizada lo más detallada posible, en la que se establecen características que llevaron a proponer un nuevo miembro en la Formación Bucaramanga al que se nombró Miembro Pre-Órganos.

*Trabajo de grado

** Facultad de Ingenierías Físico-Químicas. Escuela de Geología. Director: Guillermo Vargas Pieschacón. Co-Director: Victor Manuel Caballero.

ABSTRACT

TITLE:

SEDIMENTOLOGICAL ANALYSIS OF PRE-ÓRGANOS (CALCAREO) SEGMENT OF ALLUVIAL FAN IN BUCARAMANGA (SECTION OF GOLD RIVER GIRÓN).*

AUTHORS:

ARÉVALO AVENDAÑO, JESSICA MELISSA; RINCÓN DUARTE MAIRA ALEJANDRA **

KEYWORDS:

Alluvial fan in Bucaramanga, Pre-Órganos member, sedimentology, granulometry, X-ray diffraction, petrology, statistics.

DESCRIPTION:

The Bucaramanga formation is composed of five (5) members from base to top: Pre-Órganos member (Calcareous), Organos member, Fino Member, Gravoso member and Finos rojos member. Previous studies in this area, framed to Bucaramanga Formation as an alluvial fan with a deposition that occurred in the Quaternary, which point to the Massif de Santander as the main source area.

By granulometric tests, analysis of X-ray diffraction (RX) and petrography; the grain size prevailing in the stratigraphic segment (Pre-Órganos) was determined, the depositional environment of the study area, the origin of the sediments, also complementing these analyzes, the compositional and textural characterization of the area was determined by macroscopic descriptions of the samples collected in the field. A stratigraphic column was also developed in each based on the above in as much detail as possible generalized column, which features for proposing a new member in Bucaramanga Formation that Member Pre-Órganos bodies established was proposed.

* Grade work

** Phisicochemicals engineerings faculty, Department of Geology Director: Guillermo Vargas Pieschacón. Co-Director: Victor Manuel Caballero.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo se hace con el propósito de estudiar el segmento Pre- Órganos (Calcáreo) en la Formación Bucaramanga, y conocer sus relaciones estratigráficas para complementar y actualizar el conocimiento geológico.

Diferentes autores proponen cinco niveles para la Formación Bucaramanga, conformada de base a techo como: Calcáreo, Órganos, Finos, Gravoso y Limos Rojos; Hubach (1952) y Niño y Vargas (1992). Debido a que estratigráficamente no se ha podido definir claramente el miembro Calcáreo en el presente trabajo se hace una caracterización sedimentológica y estratigráfica.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La Formación Bucaramanga, descrita por De Porta (1958), está constituida por un depósito sedimentario de edad cuaternaria, que corresponde, con respecto a la morfología, a un abanico aluvial asociado a los depósitos dejados por el Río Suratá, los cuales se han acumulado sobre la depresión tectónica producto de la interacción de las fallas de Bucaramanga y Suárez.

La Formación Bucaramanga inicialmente fue dividida en tres niveles por De Porta (1958). Posteriormente se propusieron cinco niveles constituidos por el miembro Calcáreo, Órganos, Finos, Gravoso y Limos rojos, descritos por Hubach, (1952) y Niño y Vargas, (1992).

En este trabajo se realizó la caracterización de los sedimentos expuestos en el sector Río de Oro en Girón a través de análisis estratigráficos y sedimentológicos, con los cuales se pretende realizar una actualización y mejoramiento de la información que se tiene del Miembro Pre- Órganos (calcáreo) y estimar el ambiente en el cual ocurrió la depositación de los sedimentos.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un análisis sedimentológico y estratigráfico del miembro Pre-órganos (calcáreo) de la Formación Bucaramanga en la sección Río de Oro – Girón.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Dar cuenta de los cambios laterales de facies para determinar el ambiente de depositación del Miembro Pre-Órganos (Calcáreo), a partir de columnas estratigráficas escala 1:100.
- Contribución al conocimiento geológico en el sector Río de Oro- Girón.
- Realizar un estudio de proveniencia a partir de análisis texturales y composicionales para determinar las zonas de aporte.

3. JUSTIFICACIÓN

La Formación Bucaramanga está compuesta por cinco miembros que de base a techo son: Miembro Pre-órganos (Calcáreo), Miembro Órganos, Miembro Finos, Miembro Gravoso y Miembro Limos rojos. Estudios realizados anteriormente en esta zona, enmarcaron a la Formación Bucaramanga como un abanico aluvial, con una depositación que ocurrió en el cuaternario, donde señalan al Macizo de Santander como principal área fuente.

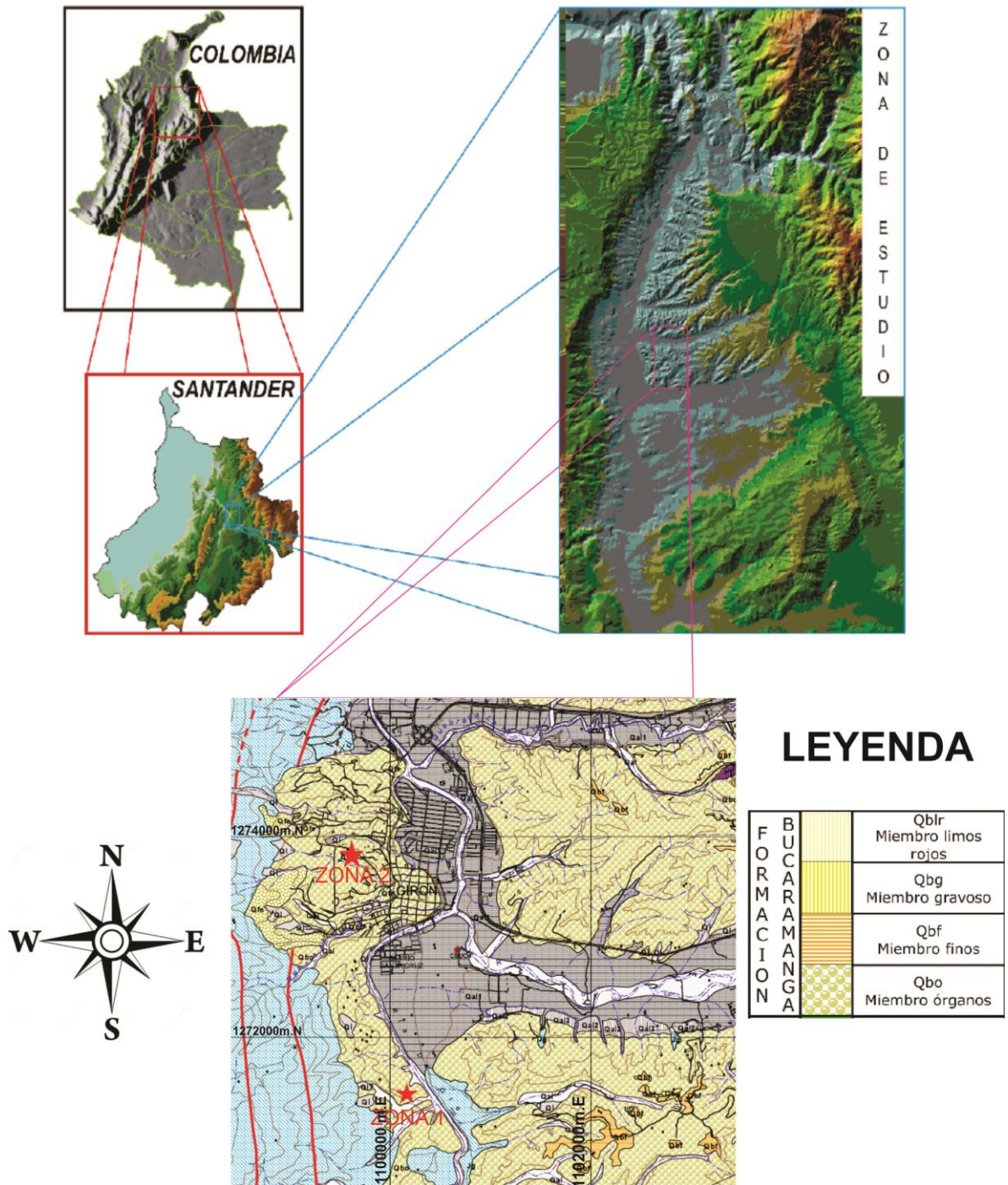
Se espera con este trabajo ampliar la caracterización sedimentológica del Miembro Pre-órganos, determinar el ambiente de depositación y procedencia.

4. GENERALIDADES

4.1 LOCALIZACIÓN

El área de estudio se encuentra localizada en el departamento de Santander, a la margen izquierda del Río de Oro sector donde aflora el Miembro Pre-órganos (calcáreo) de la Formación Bucaramanga, a la altura del municipio de Girón por los barrios Bahondo y Aldea Alta con coordenadas: N= 7°02'56,95"; W=73°10'15,31"; h=675 msnm y N= 7°04'17,95"; W=73°10'31,78"; h= 743 msnm, Respectivamente.

Figura 1. Localización



Fuente: INGEOMINAS, 2001.

4.2 VÍAS DE ACCESO

La principal vía de acceso a la zona de estudio es: Bucaramanga- Aeropuerto Palonegro, a la altura del municipio de Girón, al margen de la autopista aproximándose a la entrada del barrio Aldea Alta se ubica la segunda zona de estudio.

Figura 2. Vías de acceso a las zonas de estudio.



Fuente: Google Earth. Imagen de 2015.

5. METODOLOGÍA

Para el desarrollo del **Análisis sedimentológico**, se plantean las siguientes cinco fases: (1) preliminar, (2) campo, (3) laboratorio, (4) interpretación de la información obtenida en los anteriores procesos, (5) entrega de informe final.

5.1 ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

- Se analizaron los siguientes documentos: Hubach (1952); Julivert (1958); De Porta (1958); Niño y Vargas (1992); Bueno y Solarte (1994); Jiménez et al (2015); Vásquez y Bermoudes; Ingeominas (2001)
- La fuente para la recopilación de información fue la base de datos de la biblioteca de la Universidad Industrial de Santander, donde se acudió a revistas científicas, libros, trabajos de grado.
- También se buscó material cartográfico existente en Ingeominas, como son mapas geológicos, topográficos y temáticos. Al igual se investigó sobre las diversas publicaciones en la web.
- Los métodos que se usaron: Se realizó una recopilación acerca de los métodos científicos a utilizar para la interpretación de los datos que se obtuvieron en campo como la descripción de muestras a nivel macro y microscópico, información para tratar los resultados estadísticos que resulten de los ensayos granulométricos.

- Como conclusión de esta fase se definieron dos afloramientos para realizar el proyecto. Se utilizó como nombre de los afloramientos la nomenclatura AFn, siendo n el número del afloramiento, y para la marcación de la muestra se determinó la nomenclatura AM-0X-Y, siendo AM las iniciales de los nombres de las autoras, X el número correspondiente al afloramiento y Y el número de la muestra

5.2 CAMPO

Para el desarrollo de esta fase se realizó una salida de campo de 15 días al municipio de Girón, donde se llevó a cabo una descripción detallada de los afloramientos escogidos, elaboración de las columnas estratigráficas y la recolección de muestras de mano. Los materiales utilizados en esta fase fueron: martillo, decámetro, brújula, libreta de campo, marcador, bolsas resellables para las muestras y GPS.

- **Descripción del afloramiento:** como primera medida se hizo una identificación de los principales rasgos estratigráficos y se plasmaron en un dibujo bastante claro, luego la caracterización e identificación de los niveles estratigráficos, tipo de estratificación, distribución, estructuras presentes y evidencias tectónicas (Ver anexo 1).
- **Elaboración de la Columna estratigráfica:** inicialmente se escoge dentro de los afloramientos el lugar donde presenten las mejores características para el levantamiento de la columna (litología, color, exposición y otras) se midieron los espesores con un decámetro, se caracterizó cada estrato (color, estructuras, litología, si existe diaclasamiento).
- **Recolección de muestras de mano:** fueron recolectadas 30 muestras de mano, estas se toman de lugares clave dentro de cada afloramiento para

realizar una buena caracterización más adelante, con medidas de 15cm*15cm de alto y ancho, se describieron en el afloramiento en cuanto a composición y textura de acuerdo con lo propuesto por Caballero y Cruz (2007). Guía de laboratorio de sedimentología para geólogos.

- **Granulometría:** de las 30 muestras adquiridas se recolecto aproximadamente 1 Kg de sedimento para cada muestra. Posteriormente se le realizo un ensayo de distribución granulometría para obtener los parámetros propuestos por Folk y Ward, 1974.
- **Difracción de rayos X:** para este procedimiento de cada una de las muestras adquiridas se necesitaron 10g de muestra, que se entregaron al laboratorista y él se encarga del proceso de identificación cuantitativa de los minerales (para mayor detalle dirigirse al anexo 6).

Tabla 1. Metodología de la difracción de Rayos X.

METODOLOGIA DE TRABAJO																									
Preparación de la(s) muestra(s)	<ul style="list-style-type: none"> Las muestras fueron disgregadas en un mortero de ágata y llevadas a un tamaño menor o igual de 38 μm (400 mesh). El espécimen seleccionado de cada muestra fue montado en un portamuestra de polimetilmetacrilato (PMMA) mediante la técnica de llenado frontal. 																								
Condiciones de Medición	<ul style="list-style-type: none"> Se realizó en un difractómetro de polvo marca BRUKER modelo D8 ADVANCE con Geometría DaVinci bajo las siguientes condiciones: <table border="0"> <tr> <td>Voltaje</td> <td>40(kV)</td> </tr> <tr> <td>Corriente</td> <td>30(mA)</td> </tr> <tr> <td>Rendija de Divergencia</td> <td>0,6mm</td> </tr> <tr> <td>Rendijas Soller Primario</td> <td>2,5°</td> </tr> <tr> <td>Muestreo</td> <td>0,01526° 2theta</td> </tr> <tr> <td>Rango de Medición</td> <td>3-80° 2theta</td> </tr> <tr> <td>Radiación</td> <td>CuKαI</td> </tr> <tr> <td>Filtro</td> <td>Níquel</td> </tr> <tr> <td>Uso de Anti-dispersor de Aire</td> <td>No</td> </tr> <tr> <td>Detector</td> <td>Lineal LynxEye</td> </tr> <tr> <td>Tipo de barrido</td> <td>A pasos</td> </tr> <tr> <td>Tiempo de muestreo</td> <td>0,3 segundos</td> </tr> </table> 	Voltaje	40(kV)	Corriente	30(mA)	Rendija de Divergencia	0,6mm	Rendijas Soller Primario	2,5°	Muestreo	0,01526° 2theta	Rango de Medición	3-80° 2theta	Radiación	CuK α I	Filtro	Níquel	Uso de Anti-dispersor de Aire	No	Detector	Lineal LynxEye	Tipo de barrido	A pasos	Tiempo de muestreo	0,3 segundos
Voltaje	40(kV)																								
Corriente	30(mA)																								
Rendija de Divergencia	0,6mm																								
Rendijas Soller Primario	2,5°																								
Muestreo	0,01526° 2theta																								
Rango de Medición	3-80° 2theta																								
Radiación	CuK α I																								
Filtro	Níquel																								
Uso de Anti-dispersor de Aire	No																								
Detector	Lineal LynxEye																								
Tipo de barrido	A pasos																								
Tiempo de muestreo	0,3 segundos																								
Ensayo	<ul style="list-style-type: none"> Medición de 30 muestras inorgánicas. 																								

5.3 LABORATORIO

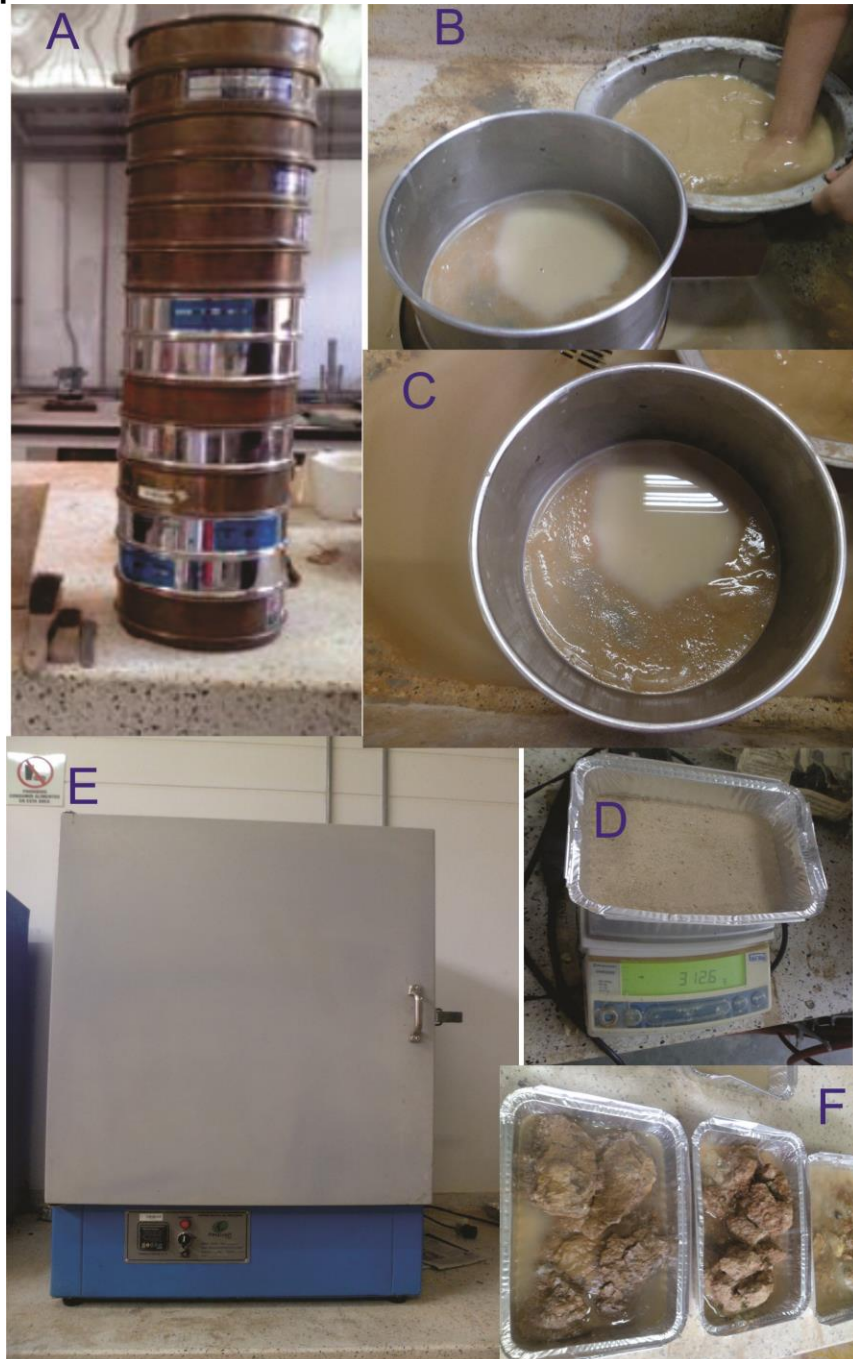
Para la fase de laboratorio se realizaron ensayos granulométricos, descripción de muestras de mano, difracción de rayos x de las diferentes muestras recolectadas en campo, se efectuara un análisis microscópico de secciones delgadas para determinar la posible proveniencia y por último se hizo un tratamiento estadístico de los datos obtenidos:

5.3.1 Ensayos granulométricos: se realizaron en los laboratorios de suelos adscritos a la escuela de ingeniería Civil, dentro del claustro universitario, ubicados en el edificio Álvaro Beltrán (Ver anexo 5 donde se presentan tablas y graficas de cada muestra).

El análisis de las 30 muestras que se recolectaron se basó en la norma INV-E-123 de INVIAS. Para desarrollar estos ensayos se utilizaron los siguientes implementos:

- ❖ Bandejas desechables de papel aluminio
- ❖ Báscula Shimadzu modelo UW82005
- ❖ Horno digital de precisión Pinzuar modelo PG 190
- ❖ Recipiente para almacenar agua
- ❖ Tamices del número 2 al 200.

Figura 3. Materiales utilizados en la realización del ensayo granulométrico:
A. Tamices que van desde el número 2 al 200. B. Se muestra el proceso de lavado de las muestras. C. Tamiz de 200 usado en el lavado de las muestras. D. Báscula Shimadzu UW82005, bandeja desechable de papel aluminio. E. Horno digital de precisión Pinzuar modelo PG190. F. Tara con muestras preparadas para lavar.



Los ensayos granulométricos en la terraza de Bucaramanga, se tomó como referencia la metodología propuesta por Folk y Wards (1974), que sirve para determinar la distribución de los tamaños de granos, mediante coeficientes definidos como:

Media (Mz): es el promedio estadístico expresado en unidades phi.

$$Mz = \frac{\phi_{16} + \phi_{60} + \phi_{84}}{3}$$

Moda: corresponde al tamaño de partícula más frecuente de la distribución, puede ser determinada a partir de los histogramas o de las curvas de frecuencia, muchas distribuciones para depósitos sedimentarios pueden ser unimodales si tiene una moda, bimodal si tiene dos modas o multimodal si tiene más de dos modas.

Mediana (Md): se mide fácilmente en la curva de frecuencia acumulada.

$$Md\phi = \phi_{50}$$

La desviación estándar, la asimetría y a curtosis son medidas de dispersión.

Desviación estándar (σ_1): mide la uniformidad en el tamaño de grano dentro de una muestra de sedimento. La desviación estándar nos muestra el grado de selección granulométrica. La selección es as baja cuantos mayores intervalos de grados estén involucrados en la distribución granulométrica. Refleja el tipo de agente de transporte y es una medida de su grado de fluidez o viscosidad.

$$\sigma_1 = \frac{\phi_{84} - \phi_{16}}{4} + \frac{\phi_{95} - \phi_5}{6,6}$$

Tabla 2. Valores de desviación estándar, propuestos por Folk y Ward (1974) en Pierson and Scott (en Hurtado y Murcia).

< 0,35 Φ	Muy bien seleccionado
0,35 Φ - 0,49 Φ	Bien seleccionado
0,50 Φ - 0,99 Φ	Moderadamente seleccionado
1,00 Φ - 1,99 Φ	Pobrementemente seleccionado
2,00 Φ - 3,99 Φ	Muy pobrementemente seleccionado
>4,00 Φ	Extremadamente mal seleccionado

Fuente: ARROYAVE FRANCO, 2009

Asimetría: mide la desigualdad de la curva de frecuencia, la cual se establece graficando tamaño de grano (ϕ) y frecuencia de ocurrencia en la muestra.

La asimetría muestra si la distribución es simétrica con respecto a la moda y la media. Las distribuciones con asimetría positiva poseen una cola de finos, mientras que las de asimetría negativa tienen una cola de materiales gruesos.

$$SKI = \frac{\phi_{84} + \phi_{16} - 2\phi_{50}}{2(\phi_{84} - \phi_{16})} + \frac{\phi_5 + \phi_{95} - 2\phi_{50}}{2(\phi_{95} - \phi_5)}$$

Tabla 3. Escala de asimetrías de Folk y Ward (1974).

-1,00 a -0,31	Asimetría muy negativa
-0,30 a -0,11	Asimetría negativa
-0,10 a 0,09	Cercanamente simétrica
0,10 a 0,29	Asimetría positiva
0,30 a 0,99	Asimetría muy positiva

Fuente: ARROYAVE FRANCO, 2009.

Curtosis: Es la medida de la desviación simétrica de una curva normal. Se establece haciendo una comparación entre el calibrado en las colas de la distribución y el calibrado en la porción central de la misma.

Es una medida comparativa entre la selección en el centro de la distribución y en los extremos o colas. La distribución **leptocúrtica** posee mejor selección en el centro que en las colas de distribución. La inversa sucede en la distribución **platicúrtica**.

$$KG = \frac{\phi_{95} - \phi_5}{2,44(\phi_{75} - \phi_{25})}$$

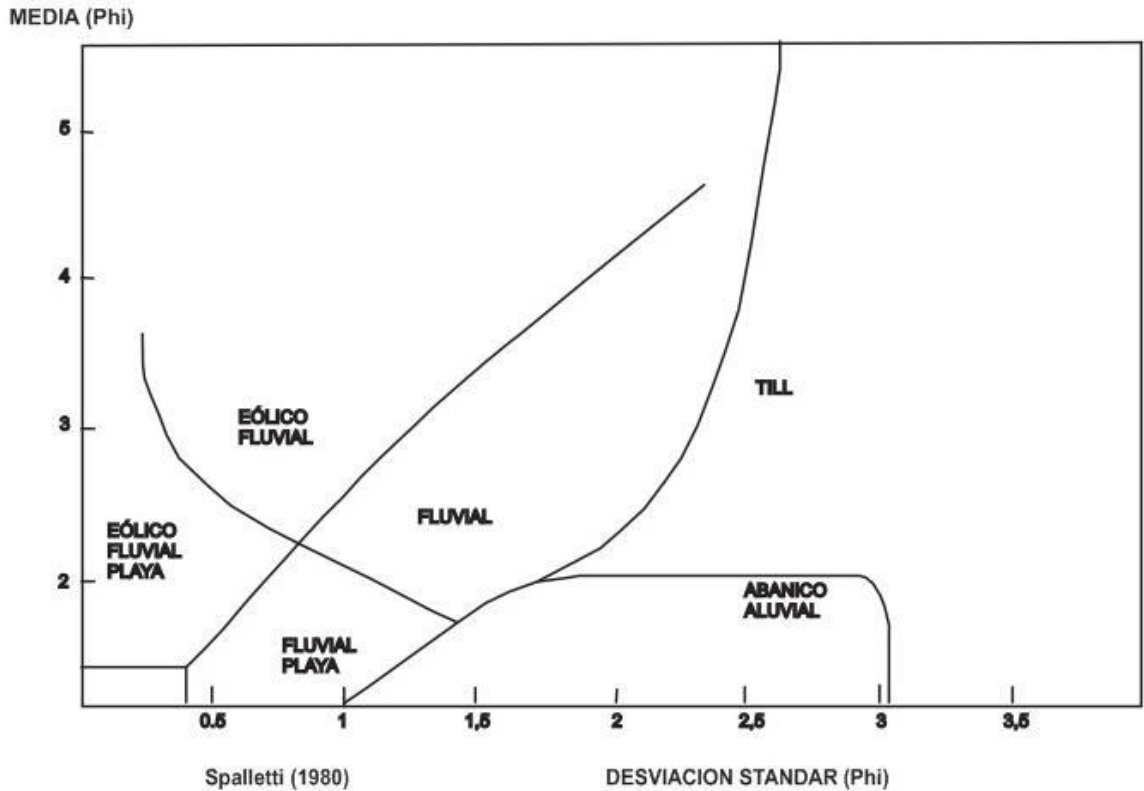
Tabla 4. Escala de Curtosis, Folk y Ward (1957).

<0,67	Muy platicurtica
0,67 – 0,89	Platicurtica
0,90- 1,09	Mesocurtica
1,10 – 1,49	Leptocurtica
1,50 – 2,99	Muy leptocurtica
>3,00	Extremadamente leptocurtica

Fuente: ARROYAVE FRANCO, 2009.

Con el resultado de los coeficientes según Folk y Wards (1974), los utilizamos para generar el grafico de Spalleti (2007). Para el reconocimiento de ambientes sedimentarios. Ver figura 5.

Figura 4. Ambientes sedimentarios fluviales, determinados con los parámetros de media y desviación estándar según Folk y Wards (1974).



Fuente: SPALETTI, 2007.

Para la clasificación textural, particularmente tamaño de grano, de las rocas siliciclasticas o terrígenas, se usa el diagrama triangular, según Folk Wards (1974).

5.3.2. Descripción de muestras de mano: para la descripción se utilizaron lupas de mano con aumentos de 10X y 30X, donde se sigue la metodología propuesta por Caballero y Cruz (2007) en la Guía de Laboratorio de Sedimentología para geólogos, que se basa en la textura y composición de la roca (Ver anexo 1 donde se presenta la descripción de las muestras de mano).

- **Textura:**

Tamaño de los granos.

Esfericidad y redondez.

Selección o calibrado de las partículas.

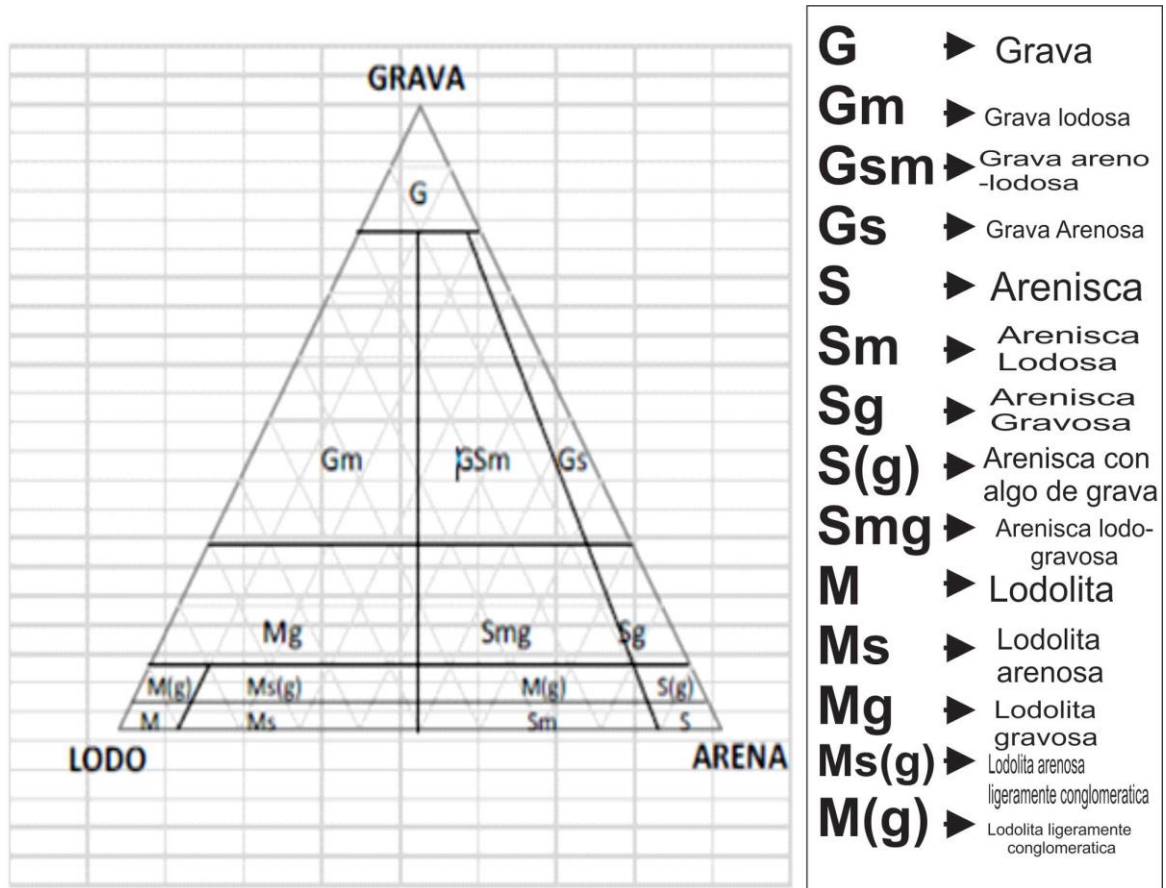
Clasificación textural, de acuerdo al Diagrama triangular para la clasificación textural, particularmente tamaño de grano, de las rocas siliciclásticas o terrígenas, de Folk (1974).

- **Composición:**

“Descripción composicional de la roca, utilizando el Diagrama triangular de la clasificación composicional de las areniscas”. Folk (1974) en Caballero y Cruz (2007).

Con la guía del “Laboratorio N° 2 para la descripción de la composición de rocas terrígenas parte II: Composición” tomada de Caballero y Cruz (2007) se clasificaron por porcentajes de componentes las rocas sedimentarias.

Figura 5. Clasificación textural de rocas clásticas, determinado mediante porcentajes de Grava, Lodo y Arena, según Folk y Ward (1974).



Fuente: CRUZ y CABALLERO, 2007.

Se determinó el nombre composicional de la roca integrado con el textural.

5.3.2 Difracción de rayos X: Se enviaron las muestras a análisis de rayos X con el fin de identificar minerales arcillosos tales como: Caolín, Flogopita y Montmorillonita, para relacionar con la literatura existente y así proponer la posible proveniencia de los sedimentos del Miembro Pre- Órganos.

5.3.4 Tratamiento estadístico: los resultados conseguidos en los ensayos de granulometría fueron tabulados en una hoja de Excel para proceder con el tratamiento estadístico:

Se obtiene la frecuencia y el porcentaje acumulado, en relación con el tamaño de grano y la composición.

Elaboración de las gráficas de porcentaje de frecuencia (eje y) vs diámetro de las partículas (eje x), porcentaje acumulado (eje y) vs diámetro de las partículas (eje x).

Elaboración de gráficas para representar la composición en una gráfica de porcentaje de frecuencia (eje y) vs composición (eje x).

Se hallaron los percentiles necesarios para poder calcular la mediana, moda, el promedio, desviación estándar, kurtosis, asimetría según Folk y Wards (1974).

Por ultimo con los cálculos realizados anteriormente se determinó el ambiente de formación, de acuerdo al diagrama de Spalletti (2007).

5.4 INTERPRETACIÓN

Para el desarrollo de esta fase se analizaron y estudiaron los datos obtenidos a partir de los resultados de los laboratorios, usando las gráficas de Folk y Wards (1974) y con la interpretación de las gráficas obtenidas en la difracción de RX; para con ellos poder inferir un posible ambiente de depositación y la procedencia, contribuir al enriquecimiento de la información ya existente sobre la evolución del abanico aluvial de Bucaramanga.

5.5 FINAL Y ENTREGA DE INFORME

Finalizadas todas las fases anteriormente mencionadas, se procede a plasmar en un documento los fundamentos teóricos, procedimientos seguidos, resultados obtenidos y las conclusiones inferidas, con las cuales se da cumplimiento a todos los objetivos planteados al iniciar este trabajo:

- Con esto va incluida la elaboración de las columnas estratigráficas que se realizaron directamente en la fase de campo y en luego se digitalizaron con la ayuda del programa Corel Draw X7.
- Todo lo mencionado anteriormente se resume en los resultados plasmados en el libro para sostener el análisis propuesto en el planteamiento del problema.

Se debe verificar el cumplimiento de cada uno de los objetivos que se propusieron al inicio del proyecto para posteriormente unir los resultados obtenidos y justificar mediante conclusiones el trabajo realizado.

6. MARCO TEORICO

6.1 DEPÓSITOS ALUVIALES

Son los depósitos de material dejados por los ríos y quebradas mayores, los cuales se distribuyen en los valles de acuerdo a la altura y posición

6.1.1 Abanicos aluviales Un abanico aluvial es un depósito en forma de cono que se forma donde una corriente que fluye de las montañas desemboca en una llanura. El vértice del abanico, es el punto en el que la corriente sale de las montañas. La zona de deposición se localiza detrás de la ruptura de la pendiente entre la superficie del abanico y la tierra plana en frente del ápice. La inclinación de la pendiente del abanico depende del tamaño de la corriente y la tosquedad de la carga; los abanicos aluviales más empinados están asociados con pequeños arroyos y cargas gruesas. Los abanicos son comunes en zonas áridas y semiáridas, pero ocurren en todas las zonas climáticas (Huggett; 2007).

6.1.2 Elementos característicos de un abanico aluvial Ápice: punto más elevado del abanico aluvial; se desarrolla allí donde la corriente sale de la montaña (En Gómez, 1996):

- Base: zona más baja y externa del abanico aluvial.
- Atrincheramiento del abanico: encajamiento en el abanico de un canal que en el punto de intersección aporta sedimentos a su superficie.
- Punto de intersección: punto donde el canal activo atrincherado coincide con la superficie del abanico (Hooke,1967). Este punto a menudo es lugar de deposición de sedimentos.

- Incisión del abanico: encajamiento en el abanico por un canal que desemboca fuera de los límites del mismo de modo que los sedimentos no contribuyen a prolongar ni a aumentar su superficie. Wasson (1977) lo asocia a su destrucción.
- Disección del abanico: término general que incluye atrincheramiento e incisión.
- Segmento del abanico: sector de un abanico aluvial que está limitado por rupturas de pendiente. Es resultado de cambios erosionales y deposicionales en un periodo de tiempo (French, 1987).
- Avulsión: cambio brusco y repentino de la corriente que abandona su primitiva localización y se traslada a otra zona del abanico, formando nuevos canales y zonas de deposición.
- Zona proximal o cabecera del abanico: área en torno al ápice.
- Zona media: área entre la cabecera y el margen exterior del abanico.
- Zona distal: área más baja y alejada del ápice.

6.1.3 Factores que controlan el desarrollo y la modificación de abanicos aluviales. Para Wasson (1978) ciertos factores (cambio en el confinamiento de las corrientes, suministro continuado desde las cuencas, ausencia de procesos efectivos para remover los depósitos) pueden determinar la existencia de abanicos pero no explican su desarrollo, que está controlado por otros factores: fluctuaciones climáticas y cambio gradual en la naturaleza del sedimento aportado a los abanicos. Frostick & Reid (1989) destacan el papel fundamental de la tectónica en su creación pero advierten la importancia de los factores tiempo y clima.

Carryer 1966 dice que los factores topográficos, climáticos y geológicos pueden considerarse como favorables para la creación y preservación de abanicos aluviales, aunque la identificación de los mismos y sus efectos sobre la formación de estos depósitos son de objeto de continuas discusiones.

- Factores tectónicos: en grandes escalas de tiempo y regiones tectónicamente activas, este factor, a menudo, es visto como el principal control de la localización de abanicos aluviales (Bull 1977) y muchas secuencias y mega-secuencias de abanicos aluviales antiguos, conservados en el registro geológico (Harvey, 1989), son interpretados en un contexto tectónico.

Varios ambientes tectónicos continentales favorece la deposición de abanicos aluviales y controlan su geometría (Nilsen, 1982) y muchos de ellos están asociados a sistemas de fallas (Davus, 1925-, Eckis, 1928). Las fallas pueden proporcionar el relieve inicial necesario para la formación del abanico y el movimiento continuo puede favorecer la agradación y preservación de los sedimentos en el mismo.

- Factores climáticos y vegetación: las variaciones climáticas proporcionan las causas para una rápida producción de detritos y suficiente potencia para transportar los sedimentos resultantes al abanico (Carryer, 1966).

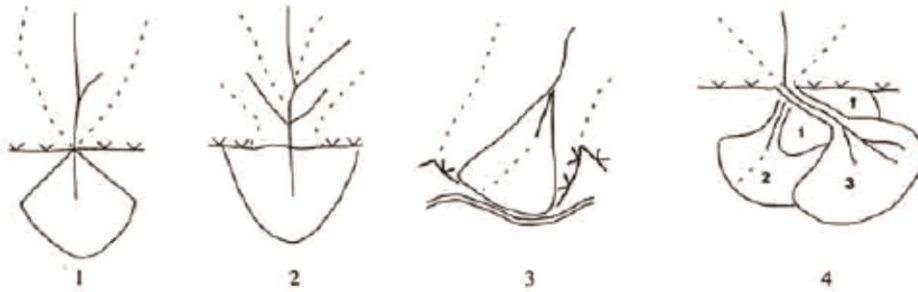
Lecce (1990) indica que los cambios climáticos influyen en el desarrollo de los abanicos aluviales porque causan una variabilidad en la magnitud y frecuencia de procesos fluviales que alteran los rasgos y morfología de estos depósitos. Blissenbach (1954) considera que de todas las alteraciones climáticas posibles, la variación en la cantidad de precipitación es la que tiene un efecto más marcado sobre el desarrollo del abanico, afectando a su morfología: un aumento de precipitación supone una incisión en su superficie y el desarrollo de pendientes más suaves.

- Factores topográficos y litológicos: los factores topográficos influyen principalmente en el tipo de suministro de sedimento ya que la erosión tiende a ser más elevada en laderas de fuerte pendiente. También influyen en la importancia relativa de los procesos deposicionales (Kostaschuck et al., 1986; Harris & Gustafson, 1993) puesto que la escorrentía y transporte de sedimentos son una función de la pendiente y tamaño de la cuenca:
 - i) Se necesitan pendientes muy marcadas para mantener flujos viscosos y para facilitar altas velocidades de flujo, pero no tan elevadas que los sedimentos no puedan acumularse (Campbell, 1975)
 - ii) Los procesos fluviales tienden a caracterizar abanicos aluviales alimentados por cuencas grandes y pendientes poco acusadas, mientras que las coladas de piedras tienden a dominar abanicos aluviales alimentados por cuencas más pequeñas, con fuertes desniveles y cauces empinados. En algunas regiones áridas, semiáridas y también húmedas se ha demostrado que la descarga es directamente proporcional al área de drenaje (Hack, 1957)

La litología del área fuente influye en la proporción de sedimentos aportados a los abanicos aluviales por medio de una relación inversa entre la resistencia de la roca y proporción de erosión el diaclasamiento y fracturación de la roca favorecen su erodabilidad, (Hooke & Rohrer, 1977). El tipo de roca del área fuente juega un papel importante en el control del tamaño de los sedimentos, en las características del transporte (Harvey, 1989) y de los procesos deposicionales y, en consecuencia, en la morfología y tamaño de los abanicos aluviales (Bull, 1962; Denny, 1965).

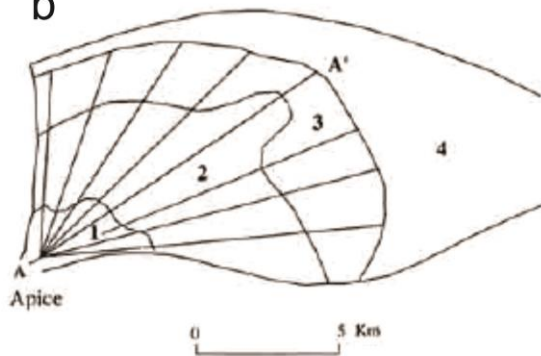
Figura 6. Características de los abanicos aluviales. a) desarrollo de abanicos aluviales (Harvey, 1987). b) segmentación de un abanico aluvial (Bull, 1964). c) Perfil logitudinalde un abanico aluvial segmentado (Bull, 1964). Modificado de Gómez, 1996.

a



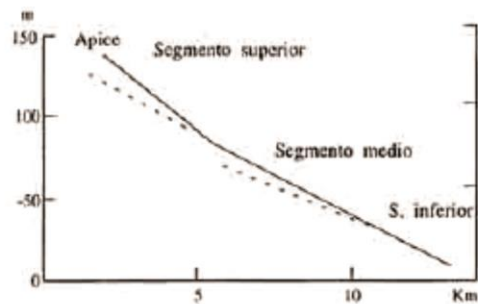
1. Abanico sin confirmar con un frente montañoso simple. Abanico de fondo de valle principal.
2. Abanico retollenado desde el frente montañoso.
3. Abanico confinado entre montañas. Abanico de valle lateral, secundario.
4. Deposición sucesiva de segmentos de abanicos por cambios del canal.
Diseción del segmento 1. Formación del segmento 3. y abandono del segmento 2.

b



Sectores de un abanico aluvial

1. Zona proximal (ápice)
2. Zona media
3. Zona distal
4. Zona de coalescencia con otros abanicos



c

perfil radia A-A''

01>02

Exageración vertical x 53

6.2 ANÁLISIS DE FACIES

Una facies corresponde a una propiedad de un cuerpo rocoso que es heredada del ambiente en el que se depositó dicho cuerpo (En Caballero, 2010).

Las facies pueden ser de varios tipos dependiendo de la propiedad que la caracteriza como propiedades físicas, químicas y biológicas, (Caballero, 2010).

La mayoría de los autores reconocen tres grupos de facies en los abanicos aluviales: proximal, media y distal. Las facies proximal y distal pueden ser reconocidas en depósitos de abanicos aluviales antiguos a través del estudio de paleocanales, la alta consistencia de la dirección de flujo es característica de ambientes de abanicos antiguos (Howard, 1966, Nilsen, 1969), mediante mapas que muestran la distribución de los clastos más grandes y espesor de los estratos y, en menor medida, por el estudio de los cambios en el rodamiento de los clastos. Se distingue una facie proximal caracterizada por estratos acanalados y lenticulares de una facie distal compuesta por estratos menos canalados, dispuestos en capas (Kerr et al., 1979).

La disposición de las capas es uno de los mejores métodos de identificación del ambiente deposicional de un abanico aluvial; cada capa representa un particular grupo de condiciones hidráulicas que determinan el espesor, tamaño, distribución y orientación de partículas y tipo de contacto con la capa subyacente (Bull, 1977).

Las variaciones en periodos cortos en los procesos sedimentarios producen alteraciones de facies y los grandes cambios climáticos o tectónicos o cambios progresivos en largos periodos, relacionados con la erosión del área fuente y sedimentación, pueden dar lugar a un cambio vertical progresivo en el estilo sedimentario (Harvey, 1989).

6.2.1 facies en abanicos aluviales de distintos ambientes climáticos

Tabla 5. Características generales de abanicos aluviales formados en diferentes ambientes. Modificado de Gómez, 1996.

Parametros	Zonas áridas	Zonas húmedas glaciares	Zonas húmedas tropicales	Zonas húmedas templadas
Morfología				
Visto en planta	abanico amplio simetrico	abanico amplio simetrico	abanico amplio simetrico	abanico amplio alargado
Procesos deposicionales				
P. principales	coladas de piedras canales trenzados flujo laminar depósitos tamiz	canales trenzados	canales trenzaos coladas de piedras	coladas de piedras (avalanchas)
P. desencadenantes	fuertes tormentas, derretimiento nieve	agua de fusion dep. Fluvioglacial	fuertes tormentas monzón	fuertes tormentas huracán
Descarga	instantanea	estacional	estacional	instantánea
Sedimentología y estratigrafía				
Estratificación	coladas de piedras grad. Inversa canales trenzados alto	canales rellenos d. frontales,, barras grad. Normal	canales rellenos d. frontales grad. Normal e inversa	grad. Invers estratificación tosca
% grava y arena	alto	alto	alto	alto/moderado
% barro	poco/moderado	muy poco	alto/moderado	moderado/alto
Matriz	arena y limo	arena	arena y barro	barro y gravas
Clasificación	muy pobre	moderada/poble	moderada/pobre	muy pobre
Morfología clastos	subangular a subredondeada	subredondeada a redondeada	subredondeada a redondeada	subangular
Fábrica	menor	imbricada	imbricada	menor
Espesor estratos	10 cm a varios m	10 cm a varios m	10 cm a varios m	50 cm a pocos m
Variación prox. A a variac. Distal	restos de unidades casi constantes	unidades finas distalmente	unidades finas distalmente	unidades gruesas constantes
variación lateral	variables lóbulos, levés	láminas, rellenos	láminas rellenos lóbulos, levés	variable lóbuos
Variación vertical	tamaño grano varía con cada	casi constante	casi constante	tamaño grano varía en cada
Modificaciones postdeposicionales				
Vegetacion	esparcida, matorra	esparcida, bosque	densa, jungla	densa, bosque
Suelos	entisol, caliche	entisol	oxidados, lateriticos	oxidados alta orgánicos

6.3 FLUJO DE LODOS

En un flujo existen movimientos relativos de las partículas o bloques pequeños dentro de una masa que se mueve o desliza sobre una superficie de falla. Los flujos pueden ser lentos o rápidos, así como secos o húmedos y los puede haber de roca, de residuos o de suelo o tierra. Los flujos muy lentos o extremadamente lentos pueden asimilarse en ocasiones a los fenómenos de reptación y la diferencia consiste en que en los flujos existe una superficie fácilmente identificable de separación entre el material que se mueve y el subyacente, mientras en la reptación la velocidad del movimiento disminuye al profundizarse el perfil, sin que exista una superficie definida de rotura. La ocurrencia de flujos está generalmente, relacionada con la saturación de los materiales subsuperficiales. Algunos suelos absorben agua muy fácilmente y la saturación conduce a la formación de un flujo. Algunos flujos pueden resultar de la alteración de suelos muy sensitivos, tales como sedimentos no consolidados. (Erosión en masa- flujos y avalanchas).

Tabla 6. Tipos de fluidos de acuerdo a las características de la mezcla y el canal. Tomado de Erosión en masa-flujos y avalanchas.

Características de los sedimentos	Concentración de sedimentos de la mezcla (Kg/m ³)	Pendiente del canal					
		> 100% (45°)	100 a 50%	50 a 20%	20 a 10%	10 a 5%	< 5%
		Tipo de flujo					
Más del 20% del peso total de sedimentos son partículas finas (d<ASTM#200)	<90	Flujo hiperconcentrado	Flujo de lodo				
	>90	Flujo de lodo					
Menos del 20% del peso total de sedimentos son partículas finas (d<ASTM#200)	<300	Flujo hiperconcentrado					
	300 a 600	Flujo turbulento de detritos (Debris flow)	Flujo hiperconcentrado				
	600 a 900	Flujo turbulento de detritos (Debris flow)					
	>900	Flujo laminar de detritos					

6.4 PALEOSUELOS

Un suelo fósil o paleosuelo, como otros tipos de fósiles, corresponde a los restos de un suelo antiguo. Este puede haber sido enterrado por depósitos posteriores, o bien estado expuesto durante un amplio intervalo de tiempo sin ningún tipo de actividad pedogenética (Retallack, 2001). Estos suelos se formaron bajo condiciones diferentes a las actuales, influenciados por condiciones químicas, físicas y biológicas de los materiales de la superficie terrestre (sedimentos y rocas) (Medina y Lima, 2015).

6.5 ABANICO ALUVIAL DE BUCARAMANGA

El abanico de Bucaramanga, se encuentra limitado al E por la Falla Bucaramanga, al W por la Falla del Suarez, al S por la mesa de Ruitoque y en dirección N por la intersección de la falla de Bucaramanga y la Suarez.(Garnica y Niño 2015). La zona de estudio se encuentra en la parte distal del abanico.

6.6 DIFRACCION DE RX

Es una técnica experimental para el estudio y análisis de materiales, basada en el fenómeno de difracción de rayos X por sólidos de estado cristalino.

Como resultado de este proceso tenemos picos o perfiles de línea esperados, los mismos tienen una forma, un ancho y una posición ligeramente diferente (Ozols, 2009).

En particular el empleo de la radiación X compuesta proveniente de transiciones electrónicas K tiene una distribución especial que no es realmente monocromática, produciendo dos máximos de intensidad en las figuras de difracción correspondientes a la dispersión de las radiaciones $K\alpha_1$ y $K\alpha_2$, cuyas longitudes de onda son similares. Además, los picos presentan un ensanchamiento que puede ser acentuado o discreto, que depende de las condiciones experimentales (Ozols, 2009).

7. MARCO GEOLÓGICO

Los depósitos de la Meseta de Bucaramanga pueden ser agrupados estratigráficamente como una Formación a la que proponemos el nombre de Formación Meseta de Bucaramanga, la cual está conformada por cinco Segmentos: Pre-órganos, Órganos, Finos de Bucaramanga, Gravoso y Limos Rojos, y su medio de depósito es el de un abanico de tipo húmedo (Vargas y Niño, 1992).

Según el modelo geológico-geofísico propuesto por Vásquez y De Bermoudes (2010), la base rocosa sobre la cual se encuentra depositada la terraza de Bucaramanga constituye una depresión estructural que se formó como resultado de una tectónica de bloques asociada al sistema de Fallas Santa Marta - Bucaramanga. Dicha depresión es asimétrica con su flanco occidental, más inclinado que su flanco oriental. Su mayor hundimiento se presenta bajo el valle actual del Río de Oro. La secuencia estratigráfica completa de la terraza con su espesor variable entre los 280 y 330 m y está limitada entre los Ríos Suratá, al norte y Río Frío al sur, donde se encuentra una barrera estructural conformada por rocas del Jurásico que no permitió la depositación de los miembros Finos, Gravoso y Limos Rojos más al sur.

Con base a la descripción realizada en campo de manera detallada, basándose en las secciones estratigráficas que se levantaron se propone la caracterización del Miembro Pre- Órganos.

7.1 ESTRATIGRAFÍA DE LA TERRAZA DE BUCARAMANGA

Las unidades geológicas que infrayacen y limitan la Formación Meseta de Bucaramanga corresponde al Macizo de Santander (límite oriental fallado), a las Formaciones Paleozoicas Diamante, Tiburón y Bocas al Nororiente y oriente a las Formaciones Mesozoicas Jordán y Girón al Occidente y Sur. La Formación Girón conforma la mayor parte del sustrato y el límite occidental de la cuenca de depositación (Niño y Vargas, 1992).

7.1.1 Miembro Pre- Órganos: Las capas finas presentan laminación plana y ondulosa paralela de continua a discontinua (Niño y Vargas, 1992).

- Hacia la parte inferior capas de geometría tabular gruesa y encima de medias a finas (Niño y Vargas, 1992). También se pueden observar algunos lentes dentro del material gravoso.
- En la base del Miembro la litología es más fina, hacia el tope se comienzan a presentar gravas.
- Texturalmente consta de lodos y lodos arenosos compactos, gravas arenosas y arenolodosas, redondeadas y de esfericidad media, de moderadamente a mal calibradas (Niño y Vargas, 1992).
- Composicionalmente presenta fragmentos calcáreos, algunos feldespatos alterados dentro del material gravoso; en la grava predominan clastos ígneos y metamórficos meteorizados, areniscas silíceas, areniscas violeta, cuarzo y arenas pardas y verdes. La matriz predominante es arenolodosa (Niño y Vargas, 1992).

Este segmento corresponde a la facies distal de un abanico dominado por flujos de lodos y depósitos de corriente, que se depositó entre un alto del basamento (Formación Girón) y el Macizo de Santander al Noroccidente de la Meseta de Bucaramanga.

7.1.2 Miembro Órganos: 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. A continuación se presenta la caracterización de este miembro:

- Consta de capas gruesas a muy gruesas con niveles medios de espesor variable (Niño y Vargas, 1992).
- Presenta contactos netos ondulados (Niño y Vargas, 1992).
- Texturalmente consta de gravas matrizsoportadas (60%) y grano soportadas (40%) lodoarenosas, arenolodosas, subredondeadas a redondeadas con esfericidad baja a media y mal calibrada (Niño y Vargas, 1992).
- Composicionalmente presentan feldespatos alterados (20%). Las gravas predominantes son de areniscas blancas silíceas 30%, ígneos y metamórficos 22%, areniscas violeta 8%, cuarzo 5%, Chert 3% y caliza 1%. Los niveles medios variables son de arcillas compactas arenosas ligeramente micáceas con trazas de Materia Orgánica (M.O), (Niño y Vargas, 1992).

El ambiente de depositación de este nivel corresponde a la facies proximal de un abanico dominado por corrientes, caracterizado por flujos de escombros fluidos que llenan canales y forman barras, los niveles finos corresponden a depósitos de

intercanales, estos depósitos de canales e intercanales con cíclicos (Niño y Vargas, 1992).

7.1.3 Miembro Finos: Definida por Hubach (1952). Se localiza en el anillo vial que comunica a Bucaramanga con Girón. Las características principales son:

- Se define por presentar 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 (Niño y Vargas, 1992).
- Texturalmente consta de arenas arcillosas, arcillas arenosas ligeramente micáceas, gravas y algunas gravas arcillosas. Las gravas son subangulares a subredondeadas de esfericidad media, moderadamente calibradas (Niño y Vargas, 1992).
- Composicionalmente presentan feldespatos alterados, hardgrounds de óxido de hierro perpendiculares a la estratificación, costras y lentes de óxidos de hierro y trazas de M.O. En la sección gravosa predominan las areniscas blancas cuarzosas en 24%, areniscas violetas 5%, ígneos y metamórficos 2%, cuarzo 2% y Chert 1% (Niño y Vargas, 1992).

Este segmento corresponde a depósitos de corrientes permanentes y migratorias de canales trenzados con esporádicos flujos de lodos y escombros de baja intensidad generados a partir del punto de intersección del abanico caracterizado por facies arenosas de Maill y Rust. 1978 (en Rust y Koster, 1980), presencia de paleosuelos, de óxidos de hierro en lentes y hardground (Niño y Vargas, 1992).

7.1.4 Miembro Gravoso: Definido por Niño y Vargas, 1992. Nivel grueso, no presenta estructuras internas, el contacto inferior es neto continuo suavemente ondulado. Las características que más predominan son:

- Texturalmente es una grava arenolodosa y lodoarenosa. Las gravas son subredondeadas de esfericidad media, mal calibradas (Niño y Vargas, 1992).
- Composicionalmente presentan areniscas blancas silíceas 45%, areniscas violetas 15%, ígneos y metamórficos 10%. Al alterarse forma un suelo naranja sobre el cual se ha edificado la ciudad (Niño y Vargas, 1992).

Este nivel corresponde a un flujo de lodo y escombros viscosos (Niño y Vargas, 1992).

7.1.5 Miembro Limos Rojos: definida por Julivert, 1961. Se localiza en el sector urbanizado de Bucaramanga. Nivel de arcilla gravoso, caracterizado por grandes bloques angulares de baja esfericidad de areniscas blancas silíceas.

Este segmento corresponde a un flujo de lodo acompañado de caída de bloques procedentes del macizo. Presenta las siguientes características:

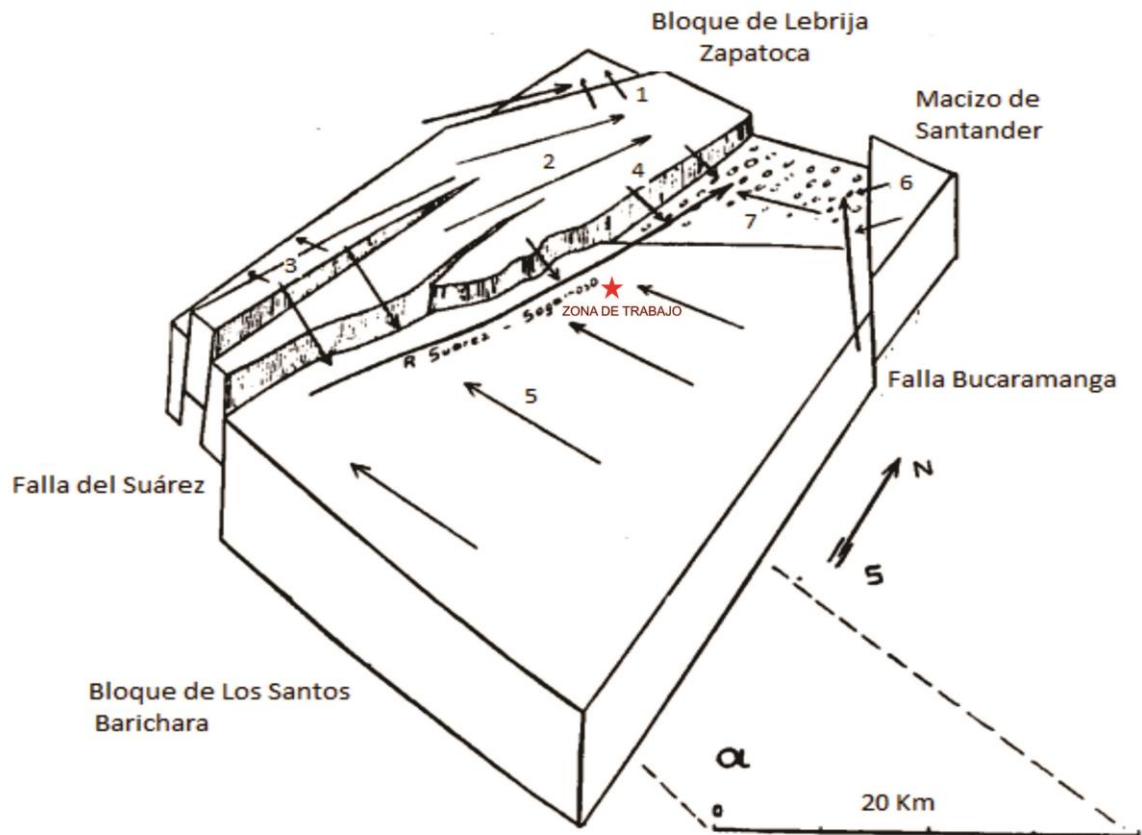
- Está constituido por arenas arcillosas gravosas y limos de colores rojizos, amarillentos y naranjas. Se observó la presencia esporádica de bloques angulares de arenisca asociados superficialmente a este miembro; estos cantos pueden estar embebidos dentro de limos rojos y se caracterizan por estar meteorizados.
- Suprayace al segmento gravoso y su contacto con éste es gradacional.

El ambiente de depositación indica un dominio de flujo de lodos combinados con caídas de bloques de la pendiente del macizo (Ingeominas, 2001).

7.2 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

La base rocosa sobre la cual se encuentra depositada la terraza de Bucaramanga constituye una depresión estructural que se formó como resultado de una tectónica de bloques asociada a los sistemas de Fallas Santa Marta-Bucaramanga y Suárez. Dicha depresión es asimétrica con su flanco occidental más inclinado que su flanco oriental. Su mayor hundimiento se presenta bajo el valle actual del Río de Oro (Modelo geológico- geofísico con fines hidrogeológicos para el área metropolitana de Bucaramanga, Vasquez y Bermoudes, 2010). Ver figura 7

Figura 4. Evolución Morfoestructural de la Zona de las Mesas



Fuente: JULIVERT, M. La Morfoestructura de la Zona de las Mesas al SW de Bucaramanga, (Colombia S.A), Universidad Industrial de Santander, Bol. De Geol. No 1, 1958, pp 22 y 35-40.

7.2.1 Sistema de Fallas Bucaramanga- Santa Marta: corresponde a un juego de cinco fallas paralelas, distribuidas en una franja de 1 a 5 Km de ancho, con dirección NW (Niño y Vargas, 1992). De acuerdo con rasgos geomorfológicos y estructurales, son fallas sinestrales de alto ángulo con levantamiento de bloques del Este que afectan el Macizo ígneo – metamórfico. El trazo de falla principal pone en contacto al Macizo con las unidades Paleozoicas al norte del río Suratá y al Sur con los sedimentos Cuaternarios del Abanico de Bucaramanga (Niño y Vargas, 1992).

Esta zona de fallas se hace menos evidente al Oeste y se encuentra bien definida al Este, principalmente en el Macizo. Es el sistema principal y controla los otros dos sistemas (Niño y Vargas, 1992).

La Falla de Bucaramanga – Santa Marta presenta una longitud cartografiable aproximada de 550 a 600 km, con un rumbo constante NW. Campbell en 1968 (en Irving, 1971) le da un movimiento transcurrente y sugiere que las cuencas del Magdalena y Valle del Cesar estuvieron unidas anteriormente y fueron desplazados por movimientos sinestrales durante el Terciario Tardío y Cuaternario, además indica que el desplazamiento pudo haber sido hasta de 110 Km. Tschanz en 1969 (en Irving, 1971) confirma el desplazamiento sugerido por Campbell pero aclara que la actual elevación de la Sierra Nevada de Santa Marta se debe principalmente a desplazamientos verticales del Terciario Tardío. Julivert en 1961 le da un movimiento inverso a la falla con un ángulo muy grande que hunde el labio Oeste, levantando el Este. Taborda en 1965 (en Boinet, 1989) sitúa la orogenia Andina durante el Mioceno Superior y Plioceno y en esta época ocurre lo esencial del desplazamiento de rumbo sinextral de la falla de Bucaramanga. Woodward- Clyde Consultans (Proyecto Fonce, 1982) reconocen evidencias de actividad de la falla de Bucaramanga tales como desplazamientos verticales de más de 20 metros en depósitos de flujo de escombros en la zona de

Bucaramanga, drenajes bloqueados con formación de lagunas, drenajes controlados por la falla, fallamiento e inversión de depósitos cuaternarios con desplazamiento vertical mayor de 10m en la Cantera de Cementos Diamante y desplazamiento vertical mayor de 1200 metros de las antiguas superficies de erosión Terciarias. Otros rasgos neotectónicos que se encuentran al Sureste de la zona de estudio y la caracterizan como falla de rumbo según Gonzales y Quintero (1990) son el shutter ridge del cerro de La Cumbre, el pressure ridge de Lagos del Cacique y los Sag ponds de Lagos del Cacique y Miramanga. Boniet y otros (1989) concluyen que la Falla de Bucaramanga no tiene actividad reciente (Niño y Vargas, 1992).

7.2.2 Sistema de fallas del Suárez- Río de Oro: Juego de dos fallas paralelas situadas al Oeste del Río de Oro, con dirección N45°/60°E, de tipo sinetral inverso, con un plano de falla inclinado 60°- 90° al W-NW. La Falla Suarez afecta principalmente a la Formación Girón y al Norte coloca en contacto esta con la Formación Bocas. La Falla del río de Oro al Suroeste coloca en contacto los sedimentos del Abanico de Bucaramanga con la Formación Girón y su trazo el NE es inferido sobre los sedimentos del Abanico. Este sistema de fallas se prolonga hasta el trazo de la Falla de Bucaramanga al Norte de la zona (Niño y Vargas, 1992).

Julivert (1958) define la Falla Suarez- río de Oro como una falla de zocalo sobre la que se adapta la covertera llegando a producirse o no fractura en ella o flexión; le da un movimiento hasta el Reciente, Julivert (1961) afirma que la falla presenta un hundimiento del bloque Este. Navas (1962) afirma que la falla afecta principalmente Falla Suarez. Julivert (1963) anota que el movimiento de la falla es probablemente simultáneo a la sedimentación del material de la Meseta de Bucaramanga y es fosilizada por el complejo de materiales rojos de este. Woodward – Clyde Consultans (Proyecto Fonce, 1982) evidencian que la falla del Suarez tiene una longitud de 120 Km de dirección N20°E hasta NS y buzando al

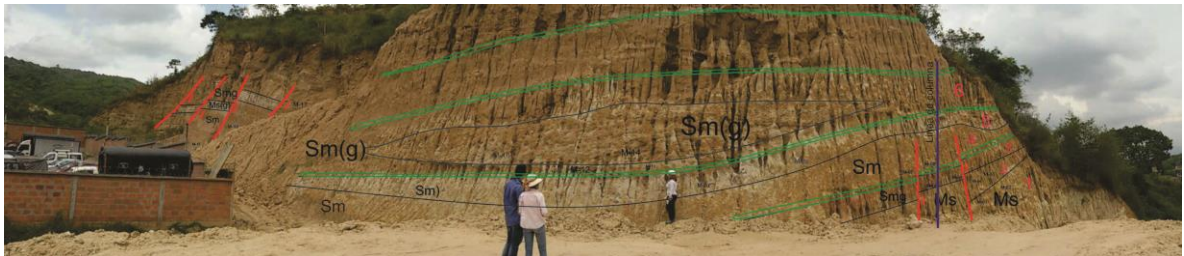
Oeste con valores de 60° hasta la vertical; según ellos es de tipo inverso sinextral y las evidencias de actividad, además de las dadas por Julivert, son el control direccional de drenajes, drenajes bloqueados con formación de lagunas en la zona de Girón y desplazamiento vertical de más de 600m de las antiguas superficies de erosión Terciarias (Niño y Vargas, 1992).

8. RESULTADOS

8.1. DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS

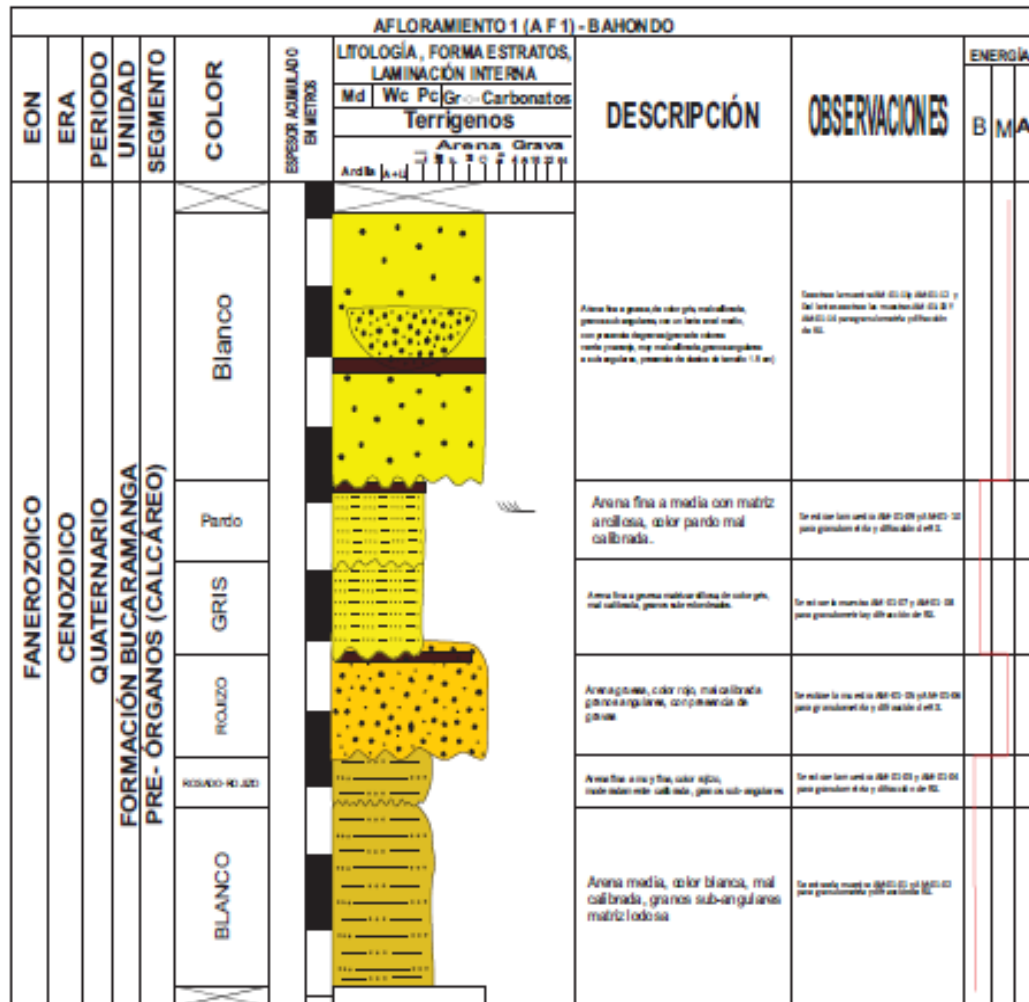
8.1.1. Columna Estratigráfica Sector Bahondo S.A.S (AF1). Ubicada en las coordenadas N= 7°02'56,95"; W=73°10'15,31"; h= 675 msnm.

Figura 5. Afloramiento AF1, Ladrillera Bahondo, Girón –Santander.

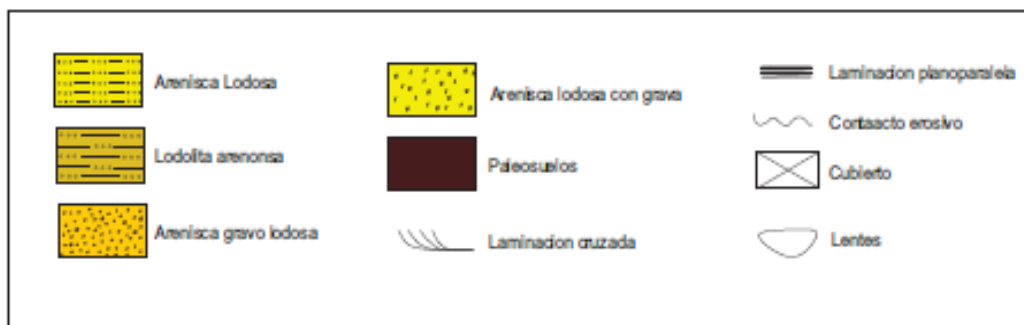


El afloramiento se encuentra bastante alterado a consecuencia de la erosión; se logra diferenciar seis capas, que de base a techo se caracterizan según la clasificación textural: lodolita arenosa (Ms) de coloración blanca, contacto superior erosivo; lodolita arenosa (Ms), de color rosado-rojizo, con un espesor de 0,7 m, contacto superior erosivo; Arenisca gravo-lodosa (Smg), de color rojizo, con un espesor de 1,7 m, en la parte superior de la capa se observa un paleosuelo de color rojizo por presencia de óxidos y MO, contacto superior erosivo; Arenisca lodosa (Sm) de color gris, con un espesor de 1,5 m, contacto superior erosivo; Arenisca lodosa (Sm) de color pardo, con un espesor de 1,4 m, en la parte superior se observa un paleosuelo de color rojizo con presencia de MO, contacto superior erosivo; Arenisca gravo-lodosa (Smg), de color blanco, con un espesor de 4 m, en medio de la capa se encuentra un lente de la misma composición que la capa, este tiene un diámetro de 12 m a lo largo y 1,5 m de alto aproximadamente.

Figura 6. Columna Estratigráfica 1 (AF1). Sector Bahondo.



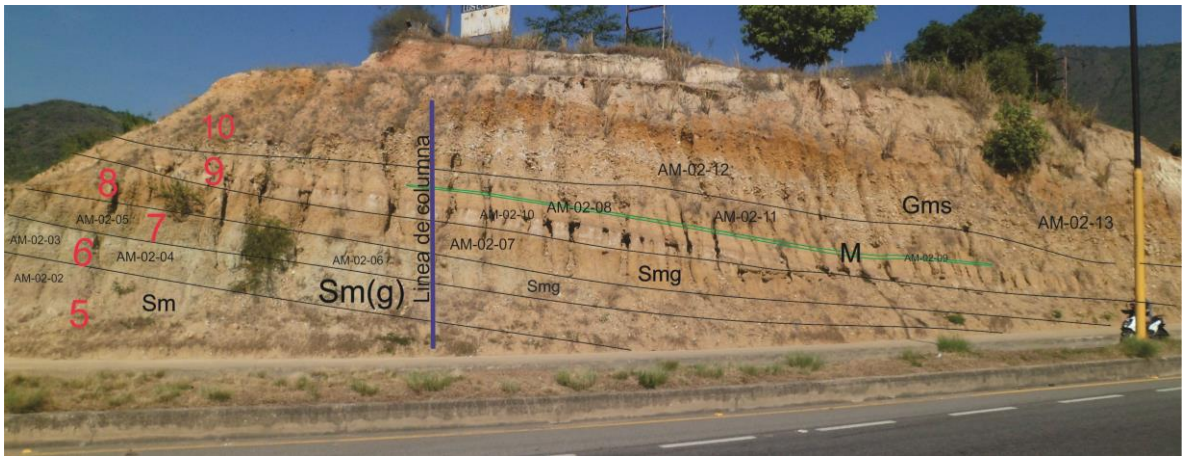
CONVENCIONES



AUTORAS: AREVALO AVENDAÑO JESSICA MELISSA RINÓN DUARTE MAIRA ALEJANDRA	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER	SECTOR: BAHONDO
	FECHA DE REALIZACIÓN: 30 DE OCTUBRE 2015	ESCUELA DE GEOLOGÍA

8.1.2. Columna Estratigráfica Sector Aldea alta (AF2). ALDA ALTA (salida de Girón vía al aeropuerto, margen izquierdo, coordenadas N= 7°04'17,95"; W=73°10'31,78"; h= 743 msnm.)

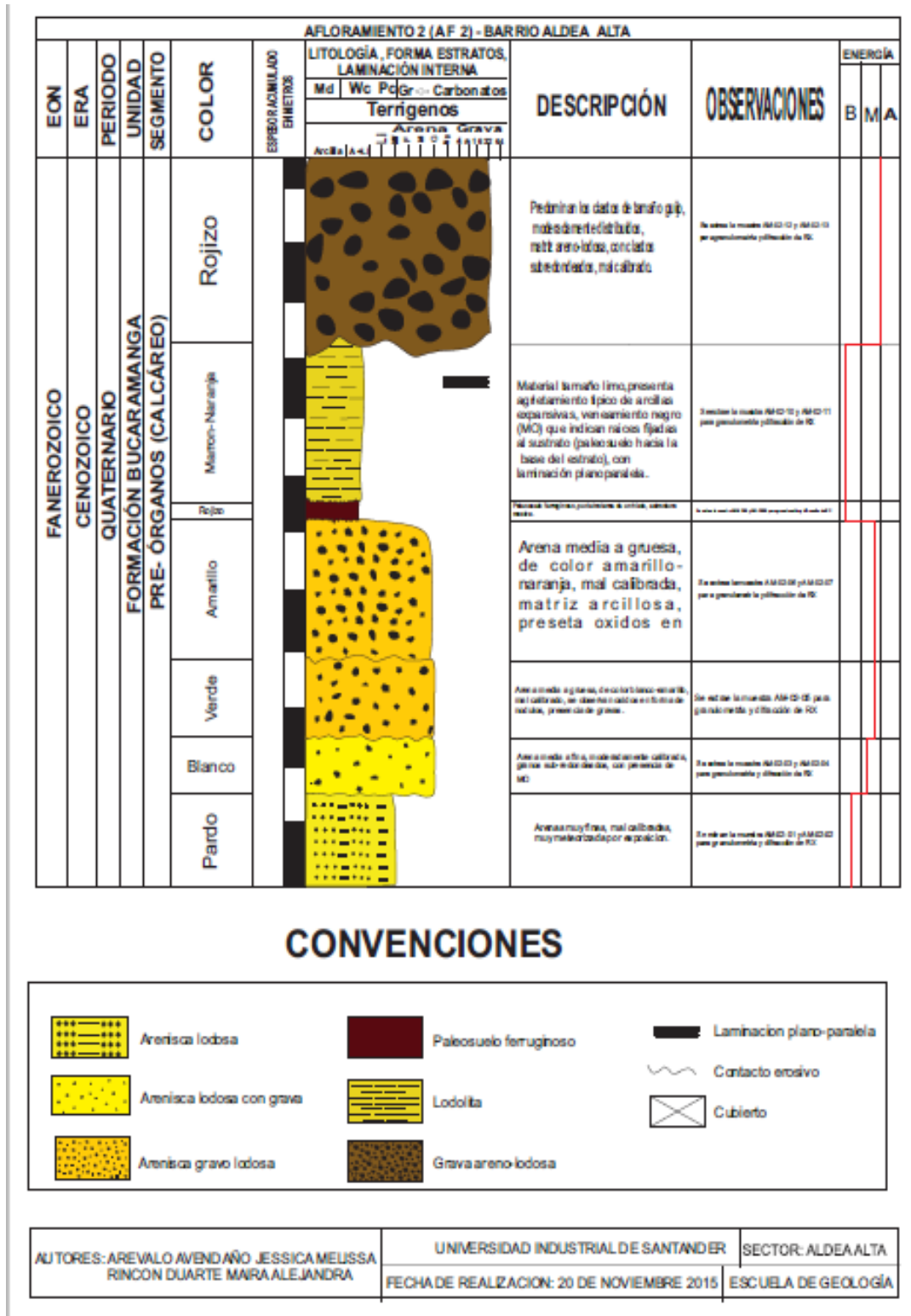
Figura 7. Afloramiento AF2, Aldea Alta.



El afloramiento se encuentra bastante alterado a consecuencia de la meteorización, las capas presentan una inclinación de $\sim 15^\circ$; se logran diferenciar siete capas, que de base a techo se caracterizan según la clasificación textural: Arenisca lodosa (Sm) de coloración pardo, con un espesor de 0,40 m, contacto superior erosivo; Arenisca lodosa con algo de grava (Sm(g)), los clastos son bastante pequeños, con un espesor de 0,6 m y contacto superior erosivo; Arenisca gravo-lodosa (Smg), de coloración verdosa y bastante alterada a consecuencia de la erosión, clastos pequeños, con un espesor de 0,8 m y contacto superior erosivo; Arenisca gravo-lodosa (Smg), coloración amarilla menos afectada por la erosión, de un espesor aproximado de 2,10 m, contacto superior erosivo; lodolita (M), esta presenta laminación plano- paralela bastante definida, espesor de 2 m, contacto erosivo con la siguiente capa que se caracteriza como un paleosuelo; lodolita (M) paleosuelo que presenta materia orgánica en forma particular clastos orgánicos bulbosos que no superan los 4mm (Medina y Lima, 2015), de espesor de 0,3 m, contacto erosivo con la siguiente capa; ; Material gravoso con un espesor de , los

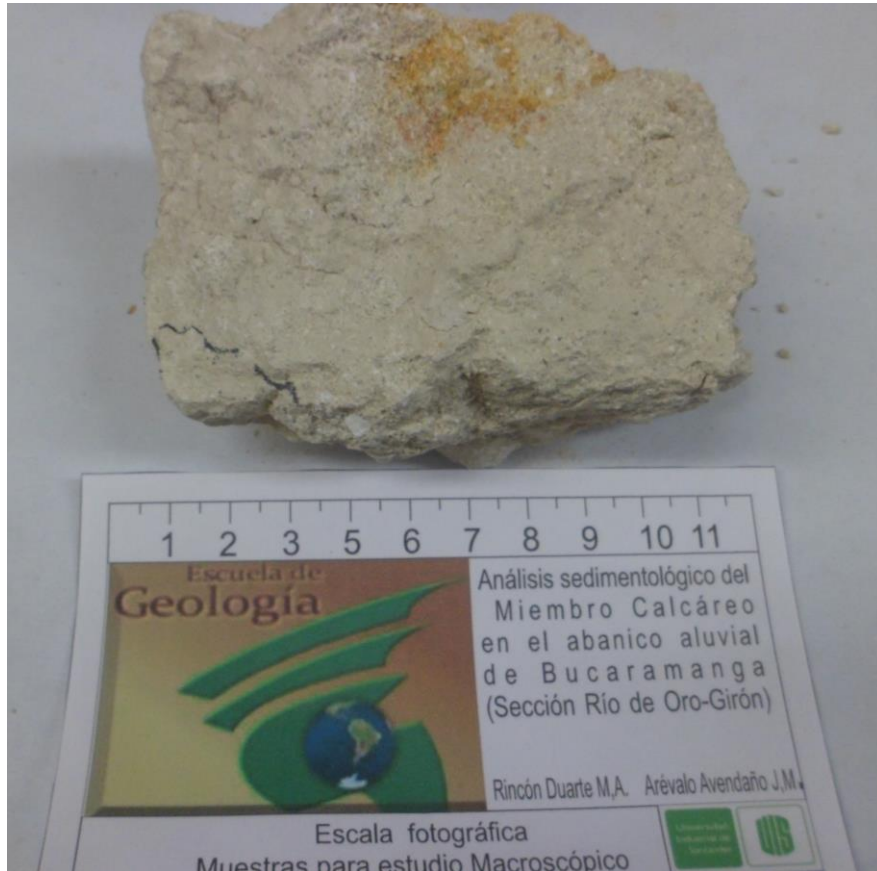
clastos encontrados dentro de este material son de origen ígneo y metamórfico como esquistos, cuarcitas y se observan clastos provenientes de la formación girón por su coloración característica

Figura 8. Columna Estratigráfica 2 (AF2). Sector Aldea Alta.



8.2 PETROLOGÍA MACROSCÓPICA.

Figura 9. Muestra AM-01-0.



Lodolita arenosa; arena fina, de color blanco, mal calibrada, granos sub-angulares, matriz lodosa, compuesta principalmente por: cuarzo, fragmentos de roca (<10%), micas (<10%), feldespato que se altera a caolín, con presencia de materia orgánica. Texturalmente inmadura, cementada por sílice.

Figura 10. Muestra AM-01-06



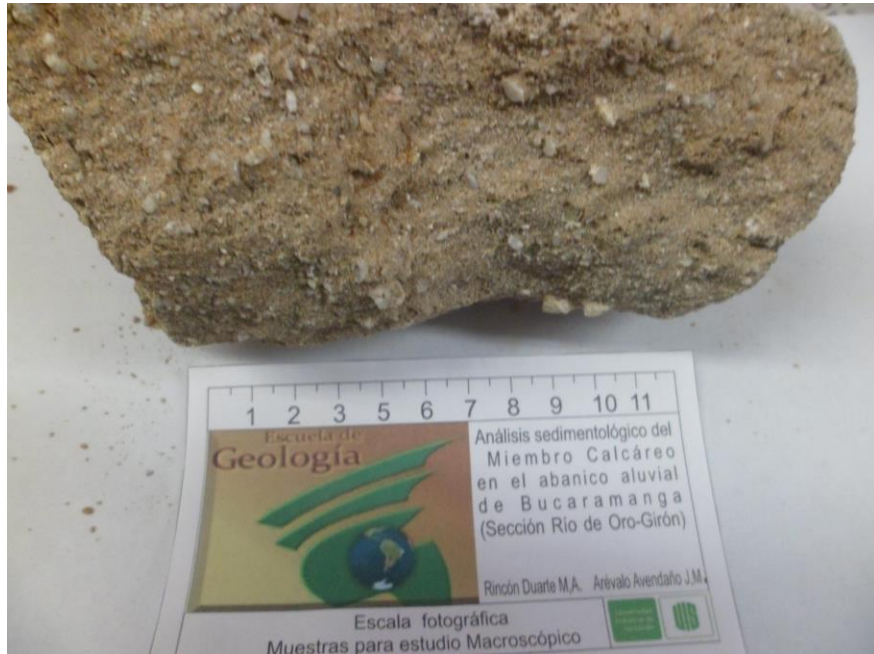
Arenisca gravo-lodosa; Arena media a gruesa color, rojizo, mal calibrada, granos angulares, presenta algunas gravas, compuesta principalmente por: cuarzo, fragmentos de roca, feldspatos y micas. Texturalmente inmadura, cementada por sílice.

Figura 11. Muestra AM-01-10.



Arena fina a media, de colores gris-naranja, mal calibrada, granos angulares, compuesta principalmente por: cuarzo, feldspato, fragmento de roca, óxidos y micas. Texturalmente inmadura, cementada por sílice.

Figura 12. Muestra AM-01-11.



Arenisca lodosa con grava; Arena gruesa, color amarillo-naranja, mal calibrada, granos angulares, compuesta principalmente por: cuarzo, feldespato, micas, clastos y fragmentos de roca. Texturalmente inmadura, cementada por sílice.

Figura 13. Muestra AM-02-09



Paleosuelo; arcilla, color rojizo, con presencia de nodulos, materia organica y silice

Figura 14. Muestra AM-02-10



Lodolita; lodo de color, marron-naranja, en el afloramiento se ve laminacion plano-paralela.

8.3 ENSAYOS GRANULOMÉTRICOS

Las pruebas granulométricas se realizaron en los laboratorios de suelos pertenecientes a la Escuela de Ingeniería Civil, dentro del claustro universitario, ubicados en el edificio Álvaro Beltrán, según la norma INV-E-123 de INVIAS. En total fueron 29 ensayos granulométricos con el propósito de establecer el ambiente de depositación de los sedimentos evaluados. A continuación se muestra el proceso de manera detallada para la muestra AM-01-02, de la capa 1 del afloramiento AF1 (ver anexo 5).

Ensayo granulométrico muestra AM-01-02 afloramiento AF1.

Esta muestra se encuentra en el primer afloramiento trabajado (AF1), con coordenadas N= 7°02' 57.08", W= 73° 10'15. 67", Z= 732 msnm., en la Ladrillera Bahondo. La muestra pertenece a la primera capa identificada, teniendo en cuenta que se obtuvo cada muestra de base a tope con respecto a la columna generalizada que se presenta más adelante. De esta se obtuvieron los resultados que se presentan en la siguiente tabla (Ver tabla 7):

Tabla 7. Datos de diámetro, frecuencia, frecuencia absoluta, % frecuencia, % frecuencia acumulada para la muestra AM-01-02, la tabla presentada registra la distribución del tamaño de los sedimentos durante el ensayo granulométrico.

DATOS MUESTRA AM-01-02					
PHI	DIAMETRO	FRECUENCIA	FRECUENCIA ABSOLUTA ACUMULADA	% FRECUENCIA	% FRECUENCIA ACUMULADA
-5,66	50,8	0	0	0	0
-5,17	36,1	0	0	0	0
-4,67	25,4	0	0	0	0
-4,25	19,05	0	0	0	0
-3,67	12,7	0	0	0	0
-3,25	9,52	0	0	0	0
-2,25	4,75	0	0	0	0
-1	2	6,6	6,6	1,06	1,06
0,25	0,84	17,7	24,3	2,84	3,9
1,25	0,42	55,7	80	8,94	12,84
2	0,25	59,8	139,8	9,6	22,44
2,75	0,149	57,4	197,2	9,21	31,65
3,75	0,074	72,1	269,3	11,57	43,22

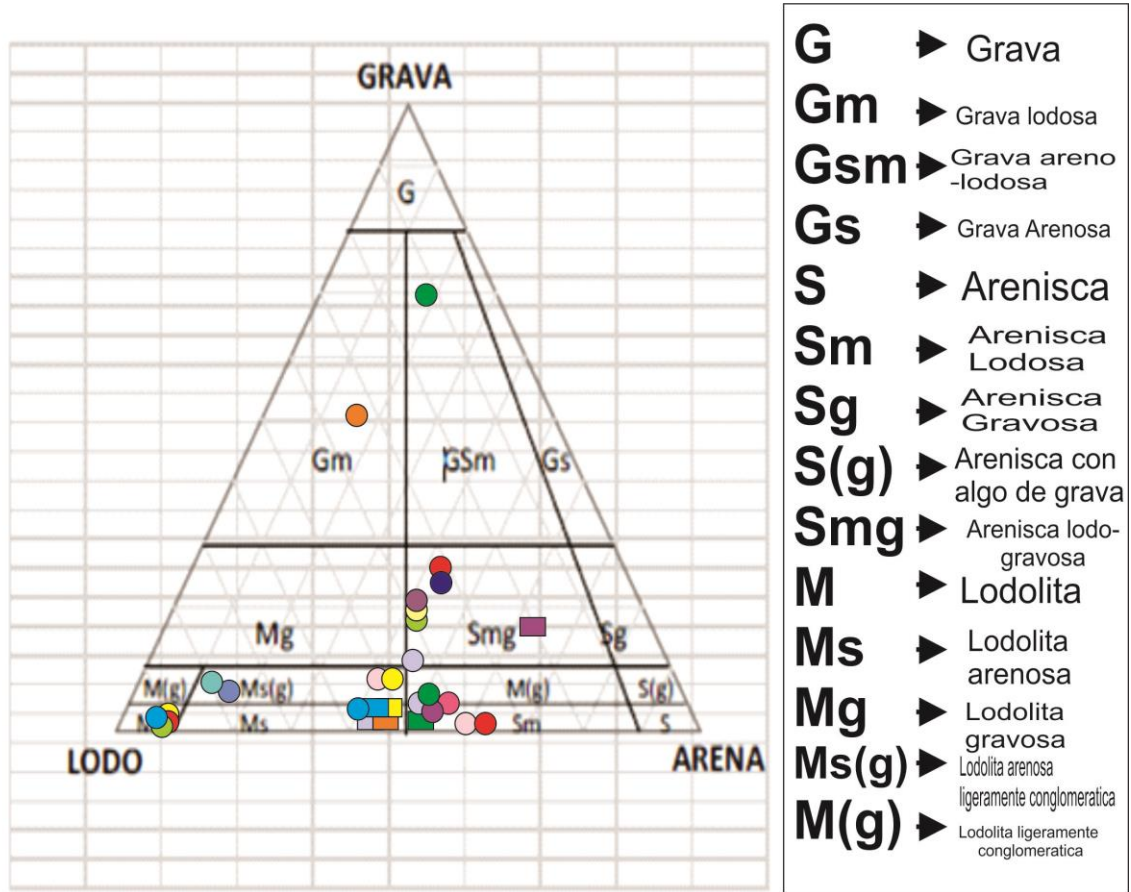
En los datos presentados se puede interpretar que predomina el material muy fino (0,074 mm) con 23,77 %, arena fina (0,25mm) con 12,90% y arena gruesa (0,84mm) con 6,57%, no se muestra participación de material gravoso en esta

muestra, pues el diámetro de los sedimentos no supera los 2mm. En total las arenas representan un 43,23 % de la totalidad de la muestra y no fue retenido por ningún tamiz un 56,77 % que representa un material muy fino ($<< 200 \mu\text{m}$ = lodo o arcilla).

Para clasificar texturalmente los sedimentos de la muestra se utilizan los porcentajes de grava, arena y lodo según la nomenclatura, terminología general y específica, basada en el tamaño de grano, tomado de Folk 1974. Los porcentajes obtenidos de gravas y arenas con usados para graficar Porcentaje de Frecuencia Acumulada (%) Vs. Diámetro (ϕ) y con esto desarrollamos parámetros estadísticos propuestos por Folk y Wards (1974) para profundizar en la clasificación de la roca y ambiente específico.

El diagrama triangular "Ternary Plot" se ha modificado de Will Vaughan, summer (2010), para realizar el diagrama triangular según Folk y Wards (1974) en Caballero y Cruz (2007). En este se ubica cada de una de las muestras de acuerdo al porcentaje obtenido de grava, arena y lodo. Ver figura 18.

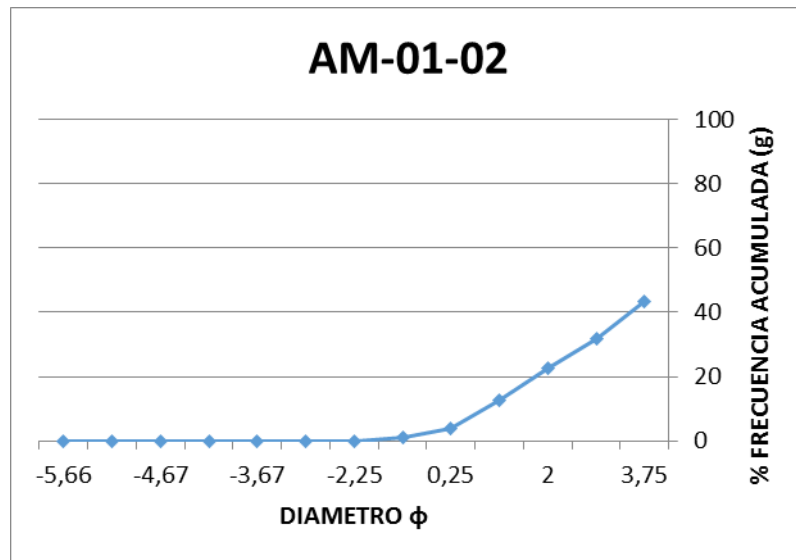
Figura 15. Diagrama triangular para determinar la clasificación textural, según Folk y Wards (1974).



Fuente: Modificado de CRUZ GUEVARA, Luis Enrique. CABALLERO, Víctor Manuel. Guías de Laboratorio de Sedimentología para Geólogos, 2007.

A continuación se presenta la gráfica de porcentaje de frecuencia acumulada (%) Vs Diámetro (ϕ) donde se ratifica lo mencionado anteriormente en la tabla 5, aproximadamente un 43,23% fue retenido por los tamices y el 56,76% supero todos los tamices.

Figura 16. Gráfica que muestra el Diámetro (ϕ) Vs. % de Frecuencia Acumulada para la muestra AM-01-02.



Fuente: Autoras.

Basándonos en esta gráfica se determinaron los percentiles para desarrollar los parámetros estadísticos de Folk y Wards (1974).

Tabla 8. Percentiles para la muestra AM-01-02.

PERCENTILES NECESARIOS PARA UTILIZAR LOS PARAMETROS DE FOLK Y WARDS	
Per 16	2,48
Per 50	9,08
Per 84	9,99
Per 95	11,08
Per 05	1,51
Per 75	9,50
Per 25	4,37
Per 1	11,57

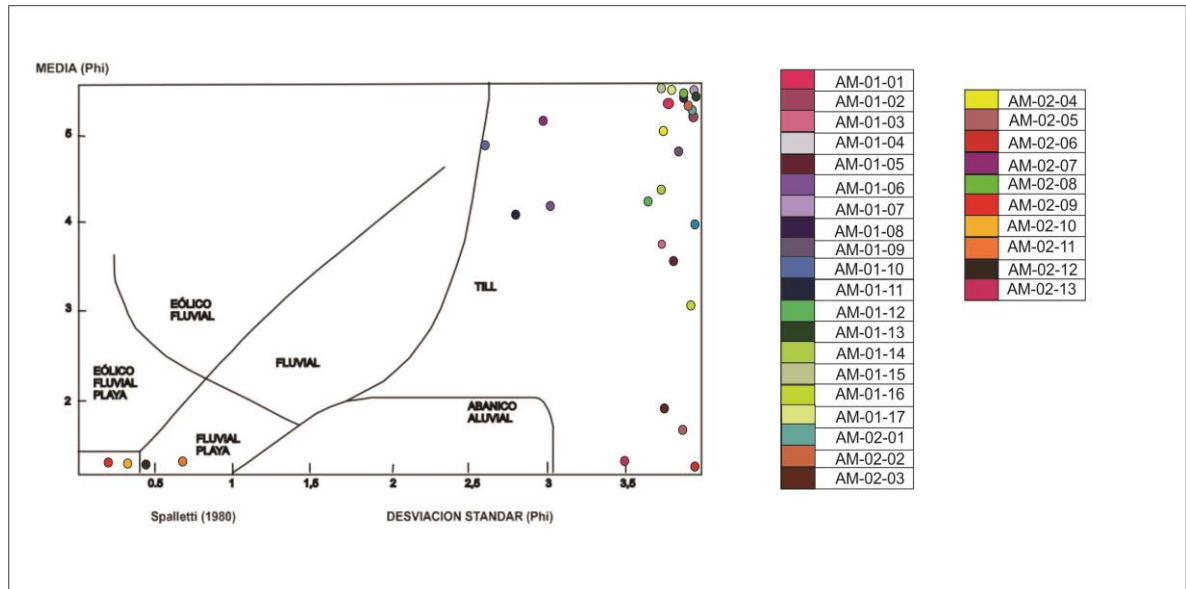
Luego de adquirir estos valores, utilizamos los parámetros estadísticos y se obtiene que para esta muestra se tiene una curva Unimodal, con un promedio de tamaño de grano de 7,29, moda 0, media 6,0278 y mediana 7,585. Según los parámetros de Folk y Wards (1974), la desviación estándar con un valor de 4,2103 indica que el sedimento está extremadamente mal seleccionado. La curva presenta una asimetría de 0,93 siendo Muy asimétrica positiva, mostrando que existe un exceso de material fino y por último la curtosis con un valor de 0,76 que demuestra que es Platicúrtica. Ver Tabla 9.

Tabla 9. Parámetros estadísticos propuestos por Folk y Wards (1974) para todas las muestras.

MUESTRA	TIPO	PROMEDIO	MODA	MEDIA	MEDIANA	DES. ESTANDAR	ASIMETRÍA	KURTOSIS
AM-01-01	Unimodal	8,53	0	6,0278	7,585	Muy pobremente seleccionado	Muy asimétrica positiva	Muy leptocúrtica
AM-01-02	Unimodal	7,29	0	5,495	9,075	Extremadamente mal seleccionado	Muy asimétrica positiva	Platicúrtica
AM-01-03	Unimodal	3,0815	0	3,6233	0,45	Muy pobremente seleccionado	Muy asimétrica positiva	Muy platicúrtica
AM-01-04	Unimodal	5,42	0	3,4863	6,825	Muy pobremente seleccionado	Muy asimétrica positiva	Platicúrtica
AM-01-05	Unimodal	6,0366	0	4,0277	6,985	Muy pobremente seleccionado	Muy asimétrica positiva	Platicúrtica
AM-01-06	Unimodal	7,37	0	7,1336	7,625	Muy pobremente seleccionado	Muy asimétrica positiva	Muy platicúrtica
AM-01-07	Unimodal	9,34	0	6,9926	10,08	Extremadamente mal seleccionado	Muy asimétrica positiva	Platicúrtica
AM-01-08	Unimodal	6,5566	0	4,6969	7,44	Muy pobremente seleccionado	Muy asimétrica positiva	Platicúrtica
AM-01-09	Unimodal	4,5184	0	4,7943	4,52	Muy pobremente seleccionado	Muy asimétrica positiva	Platicúrtica
AM-01-10	Unimodal	4,08	0	4,2624	4,02	Muy pobremente seleccionado	Muy asimétrica positiva	Muy leptocúrtica
AM-01-11	Bimodal	5,1	0	4,4259	4,42	Muy pobremente seleccionado	Muy asimétrica positiva	Mesocúrtica
AM-01-12	Unimodal	7,7283	0	7,664	8,25	Muy pobremente seleccionado	Muy asimétrica positiva	Leptocúrtica
AM-01-13	Unimodal	5,48	3,85	4,2223	3,85	Muy pobremente seleccionado	Muy asimétrica positiva	Leptocúrtica
AM-01-14	Unimodal	8,0525	0	6,1534	6,35	Muy pobremente seleccionado	Muy asimétrica positiva	Mesocúrtica
AM-01-15	Unimodal	10,76	0	2,2728	6,7	Extremadamente mal seleccionado	Muy asimétrica positiva	Muy platicúrtica
AM-01-16	Unimodal	7,615	0	6,3861	8,99	Extremadamente mal seleccionado	Muy asimétrica positiva	Muy platicúrtica
AM-01-17	Unimodal	11,84	0	6,3431	8,66	Muy pobremente seleccionado	Muy asimétrica positiva	Muy platicúrtica
AM-02-01	Unimodal	10,924	0	5,8892	2,74	Muy pobremente seleccionado	Muy asimétrica positiva	Muy platicúrtica
AM-02-02	Unimodal	9,39	0	1,8673	1,41	Muy pobremente seleccionado	Muy asimétrica positiva	Leptocúrtica
AM-02-03	Unimodal	8,098	0	4,9637	11,29	Muy pobremente seleccionado	Muy asimétrica positiva	Muy platicúrtica
AM-02-04	Unimodal	9,6116	0	1,6357	1,53	Muy pobremente seleccionado	Muy asimétrica positiva	Mesocúrtica
AM-02-05	Unimodal	4,63	0	0,8	8,72	Extremadamente mal seleccionado	Muy asimétrica positiva	Muy platicúrtica
AM-02-06	Unimodal	8,2242	0	5,1499	8,81	Muy pobremente seleccionado	Muy asimétrica positiva	Leptocúrtica
AM-02-07	Unimodal	4,5692	0	5,9139	8,915	Muy pobremente seleccionado	Muy asimétrica positiva	Muy platicúrtica
AM-02-08	Bimodal	0,0616	0,08	0,0576	0,07	Muy bien seleccionado	Muy asimétrica positiva	Platicúrtica
AM-02-09	Polimodal	0,2	0,3	0,3414	0,35	Muy bien seleccionado	Muy asimétrica positiva	Extremadamente leptocúrtica
AM-02-10	Unimodal	0,7833	0	0,5808	0,6	Moderadamente seleccionado	Muy asimétrica positiva	Mesocúrtica
AM-02-11	Unimodal	0,46	0	0,3405	0,35	Bien seleccionado	Muy asimétrica positiva	Muy leptocúrtica
AM-02-12	Unimodal	5,9892	0,32	0,6038	0,32	Muy pobremente seleccionado	Muy asimétrica positiva	Extremadamente leptocúrtica
AM-02-13	Unimodal	7,41	2,51	0,8375	2,645	Extremadamente mal seleccionado	Muy asimétrica positiva	Extremadamente leptocúrtica

Para identificar el ambiente sedimentario de cada muestra, se han empleado los parámetros estadísticos Media y Desviación estándar de Folk y Wards (1974) utilizada en la gráfica de Spalletti (2007). En esta gráfica solo se pueden relacionar los valores positivos de media y desviación estándar. Ver figura 20.

Figura 17. Ambientes sedimentarios, para ubicar los resultados de los ensayos granulométricos.



Fuente modificada de: SPALLETTI, Luis A. Textura de las rocas sedimentarias plásticas. Cátedra de sedimentología. Universidad Nacional de la Plata. Facultad de Ciencias Naturales y Museo. Argentina 2007.

De las muestras analizadas se obtuvieron dos ambientes sedimentarios principales: Till y Fluvial playa. Para el ambiente Till se tienen las muestras: AM-01-01, AM-01-02, AM-01-03, AM-01-04, AM-01-05, AM-01-06, AM-01-07, AM-01-08, AM-01-09, AM-01-10, AM-01-11, AM-01-12, AM-01-13, AM-01-14, AM-01-15, AM-01-16, AM-01-17, AM-02-01, AM-02-02, AM-02-03, AM-02-04, AM-02-05, AM-02-06, AM-02-07, AM-02-08, y AM-02-13. Para el ambiente fluvial playa: AM-02-09, AM-02-10, AM-02-11, AM-02-12.

La grafica mostrada anteriormente fue realizada en Corel DRAWX7 y se ubicó de acuerdo al valor de desviación estándar de cada muestra (Phi) Vs Media de cada muestra (Phi).

Por último se adjunta la tabla con la clasificación general de las todas las muestras. Ver tabla 10.

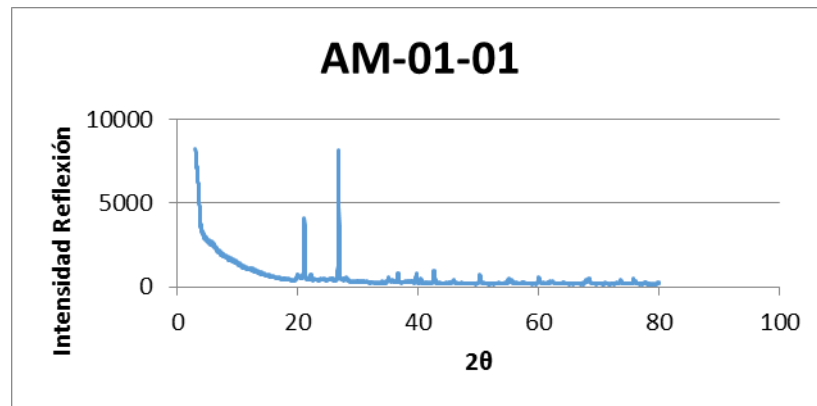
Tabla 10. Clasificación textural de los sedimentos analizados en el ensayo granulométrico para cada muestra.

MUESTRA	CLASE TEXTURAL	CLASE TEXTURAL MAYOR	CLASE TEXTURAL ESPECIFICA	% LODO	% ARENA	% GRAVA
AM-01-01	Sm	Arenisca lodosa	Arenisca Gruesa Lodosa mal calibrada	48,81	51,19	0
AM-01-02	Ms	Lodolita arenosa	Limolita Arenosa Gruesa	56,77	43,23	0
AM-01-03	Ms (g)	Lodolita arenosa ligeramente gravosa	Arcillolita Arenosa Gruesa Ligeramente Conglomeratica	59,94	33,49	6,57
AM-01-04	Ms	Lodolita arenosa	Limolita Arenosa Gruesa	67,47	32,53	0
AM-01-05	Ms	Lodolita arenosa	Limolita Arenosa Gruesa	63,79	36,21	0
AM-01-06	Smg	Arenisca gravo-lodosa	Arenisca media gravo-lodosa	26,29	40,65	33,06
AM-01-07	Sm	Arenisca lodosa	Arenisca Gruesa Lodosa mal calibrada	43,95	56,05	0
AM-01-08	Ms	Lodolita arenosa	Limolita Arenosa Gruesa	60,66	39,34	0
AM-01-09	Ms(g)	Lodolita arenosa con grava	Limolita Arenosa Gruesa con grava	41,27	36,89	21,84
AM-01-10	Ms(g)	Lodolita arenosa con grava	Arenisca fina lodosa gravosa	46,98	37,22	15,8
AM-01-11	Smg	Arenisca lodosa con algo de grava	Arenisca fina lodosa ligeramente gravosa	31,5	66,08	2,42
AM-01-12	Ms	Lodolita arenosa	Limolita Arenosa Gruesa	53,43	46,57	0
AM-01-13	Smg	Arenisca lodosa con algo de grava	Arenisca fina lodosa ligeramente gravosa	28,75	67,01	4,24
AM-01-14	Smg	Arenisca lodosa con algo de grava	Arenisca fina lodosa ligeramente gravosa	35,58	58,24	6,18
AM-01-15	Sm	Arenisca lodosa	Arenisca Gruesa Lodosa mal calibrada	46,47	53,53	0
AM-01-16	Ms	Lodolita arenosa	Limolita Arenosa Gruesa	54,3	45,7	0
AM-01-17	Sm	Arenisca lodosa	Arenisca Gruesa Lodosa mal calibrada	40,79	59,21	0
AM-02-01	Sm	Arenisca lodosa	Arenisca Gruesa Lodosa mal calibrada	45,39	54,61	0
AM-02-02	Ms	Lodolita arenosa	Limolita Arenosa Gruesa	53,05	46,95	0
AM-02-03	Sm (g)	Arenisca lodosa con algo de grava	Arenisca fina lodosa ligeramente gravosa	43,32	56,11	0,57
AM-02-04	Sm	Arenisca lodosa	Arenisca Gruesa Lodosa mal calibrada	43,72	56,28	0
AM-02-05	Sm (g)	Arenisca lodosa con algo de grava	Arenisca fina lodosa ligeramente gravosa	40,47	59,45	0,08
AM-02-06	Sm (g)	Arenisca lodosa con algo de grava	Arenisca fina lodosa ligeramente gravosa	42,43	56,95	0,62
AM-02-07	Sm (g)	Arenisca lodosa con algo de grava	Arenisca fina lodosa ligeramente gravosa	40,6	55,76	3,64
AM-02-08	M	Lodolita	Arcillolita	99,64	0,36	0
AM-02-09	M	Lodolita	Arcillolita	97,3	2,7	0
AM-02-10	M	Lodolita	Arcillolita	99,26	0,74	0
AM-02-11	M	Lodolita	Arcillolita	99,5	0,5	0
AM-02-12	Gm (s)	Grava lodosa con algo de arena	Grava lodosa con algo de arena	22,16	4,79	73,05
AM-02-13	Gms	Grava areno-lodosa	Grava lodosa con algo de arena	3,54	12,26	84,02

8.4. DIFRACCIÓN DE RAYOS X

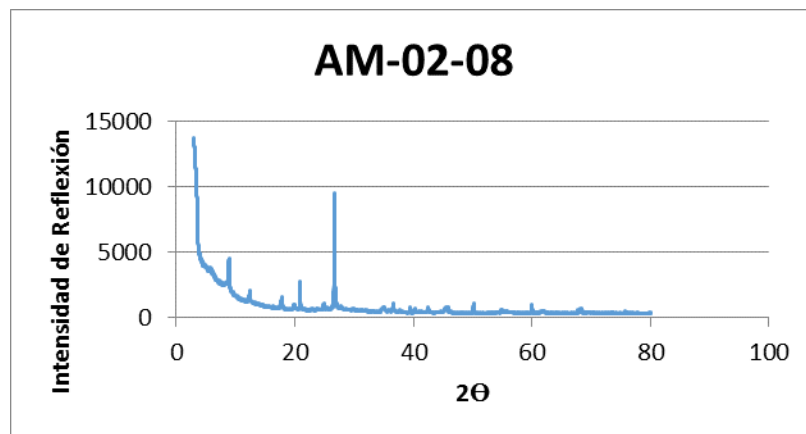
Para estos análisis se manejaron 30 muestras con un peso de 10g, a continuación se presentan 2 gráficas con los perfiles obtenidos de la difracción y se identifican dentro de estos los minerales presentes.

Figura 18. Difracción de rayos X para la muestra AM-01-01



Fuente: Autoras.

Figura 19. Difracción de rayos X para la muestra AM-02-08



Fuente: Autoras.

En la figura 21 para la muestra AM-01-01 ubicada en la base del primer afloramiento (AF1), se muestran los picos sobre la curva donde se identifican los siguientes minerales:

- Albita

- Tefroita
- Jacobsita
- Zircón
- Cristobalita
- Kaolinita
- Cuarzo
- Oxido silicio

La muestra AM-02-08 que hace parte del estrato 4 en el afloramiento 2 (AF2), se pone como ejemplo porque tiene un pico diferente a la muestra AM-01-01 y caracteriza las muestras: AM-01-05, AM-01-13, AM-01-14, AM-01-16, AM-02-08 y AM-02-12, donde el pico indica la Nontronita característico por ser un mineral secundario de rocas ultramaficas.

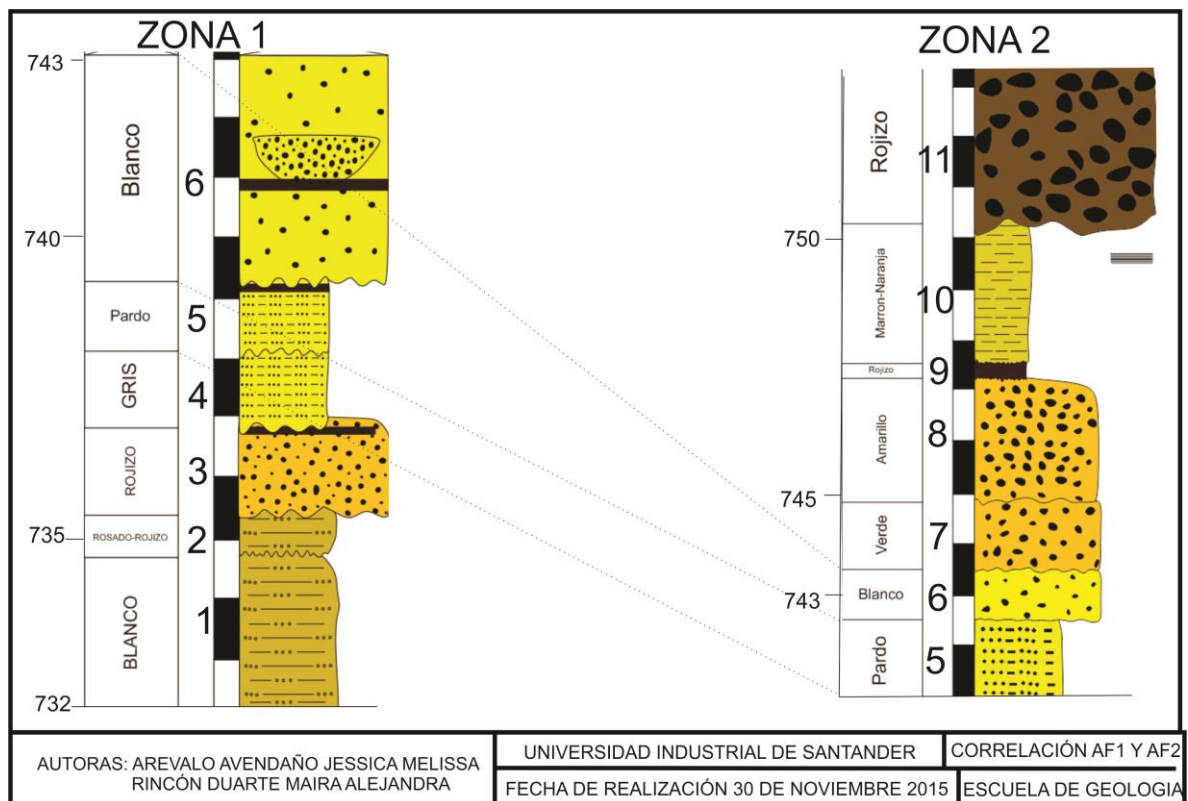
En general todas las muestras tienen los mismos perfiles DRX y se pueden observar en el anexo 6.

9. ANÁLISIS DE RESULTADOS

9.1 COLUMNAS ESTRATIGRÁFICAS

Se han correlacionado las dos columnas estratigráficas de acuerdo a su altura en metros, para generar una columna generalizada. Ver figura 23.

Figura 20. Correlación de columnas estratigráficas zona 1 ubicada a la derecha de la imagen y zona 2 en la parte izquierda de la imagen se observa un cambio de espesor en los estratos 5 y 6 correspondiente a Sm y Sm(g) respectivamente, por una falla en la zona 1.



Fuente: Autoras

Se determinaron los eventos energéticos que van de acuerdo a los cambios de granulometría mostrados en la columna generalizada:

Energía baja: lodos arenosos y lodos. No requieren mucha energía del medio de transporte pues son materiales finos.

Energía media: arenas y arenas gravosas. Requieren de una energía media pues ya existe presencia de material que no es tan fácil de transportar.

En cada columna se trazó la línea de energía; en base a esto en la columna generalizada se caracterizó cada litología para determinar un comportamiento del Miembro Pre-órganos y así proponer eventos energéticos. Como primer evento vemos que la energía tiene la siguiente secuencia: baja-media-baja-media-media. Como segundo evento se muestra una baja en la energía terminando en una energía entre el límite de media y alta.

Se relaciona este segundo evento con los resultados obtenidos anteriormente en la granulometría, quedando una pequeña parte al final de las muestras en ambiente fluvial playa.

Este segundo evento ya comienza a mostrar el inicio de la depositación de la base del Miembro Órganos.

Dentro de la correlación se puede observar una pérdida de espesor en los estratos lo que indicaría que el sector 1 (Bahondo) está afectado localmente por la tectónica regional.

En la columna estratigráfica generalizada se tiene de base a tope:

- **Nivel fino:** dos capas que abarcan alrededor de 3m, con presencia de arena media y arena fina a muy fina haciendo parte del primer evento energético.
- **Nivel medio:** 6 capas con un espesor aproximado de 13m, presencia de paleosuelos con materia orgánica y contiene las siguientes litologías (base a techo): arena gruesa, arena fina con matriz arcillosa, arenas finas a medias y estratificación cruzada, arena fina a gruesa con presencia de gravas y lentes, arena media a gruesa con algo de grava, arena media a gruesa y finaliza un paleosuelo para empezar el siguiente nivel energético.
- **Nivel grueso:** presenta dos capas una de material arcillo-limoso y otra de arena muy gruesa con grava, los dos suman un espesor aproximado de 5m. En este caso por la presencia de gravas con clastos de tamaño $\gg 16\text{mm}$ se considera que hubo un cambio de energía y empieza a depositarse el Miembro Órganos.

La zona estudiada se ubica en la parte distal del abanico, lo cual deduce la presencia de arenas con estratificación cruzada, capas interestratificadas y laminación cruzada y limos y arcillas con laminación cruzada, también presencia de turba en este caso se encontró materia orgánica en forma de nódulos.

Se establece y se relaciona el cambio de pendiente que se está generando al inicio del levantamiento tectónico que se originó en la región. Debido a la actividad de los sistemas de fallas Suarez y Bucaramanga- Santa Marta y la simultánea depositación de los sedimentos en el abanico aluvial, con el respectivo cambio energético que género la depositación de sedimentos. También es de gran importancia los factores tiempo, relieve, geología y clima que facilitaron dichos cambios (Garnica y Niño, 2015).

Para resumir cada evento se fue dando de la siguiente manera:

- **Evento I:**

Hubo una depositación del abanico aluvial con baja energía. Se inicia formando una capa lodosa, que se considera la base de la columna estratigráfica generalizada. Luego se aumenta un poco la energía para dar lugar a la depositación de arenas lodosas y arenas medias con algo de grava, presentando estratificación cruzada y lentes.

- **Evento II:**

Hay un cambio de energía pasa de baja- media a media-alta, marcando el límite del miembro Pre-Órganos, que se evidencia por el aumento de energía, la ausencia de canales; lo cual se justifica con el levantamiento tectónico, aumentando la pendiente topográfica de la región, por lo que incrementa el aporte de sedimentos al abanico aluvial.

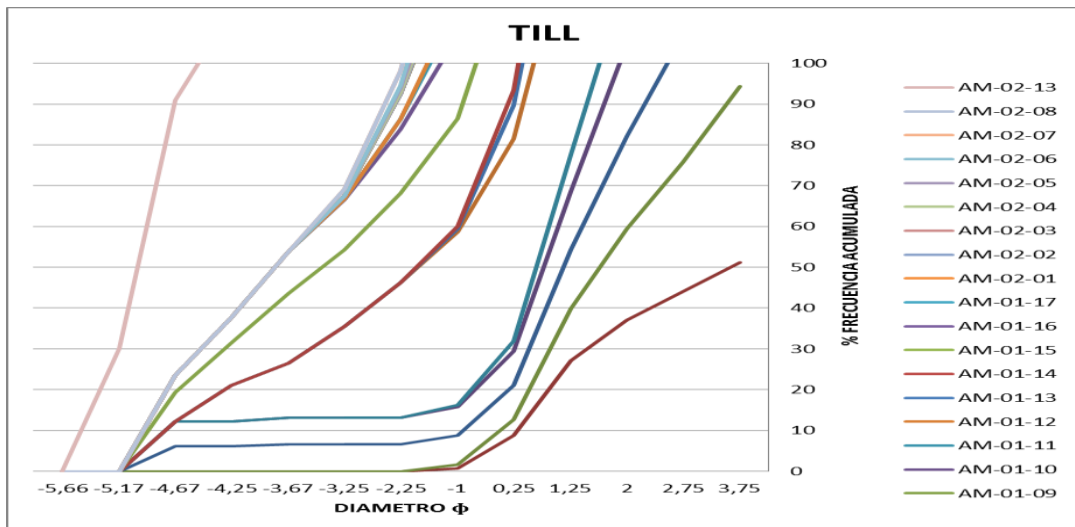
9.2 ENSAYOS GRANUOMETRICOS

Con los resultados obtenidos de los ensayos granulométricos y su posterior tratamiento estadístico utilizando los parámetros de Folk 1974 en que tomamos principalmente la media y la desviación estándar con el propósito de identificar ambiente sedimentario en que se depositaron los sedimentos de las muestras analizadas, según el diagrama de Spalletti, para el área de estudio se tienen dos ambientes: Till y Fluvial playa.

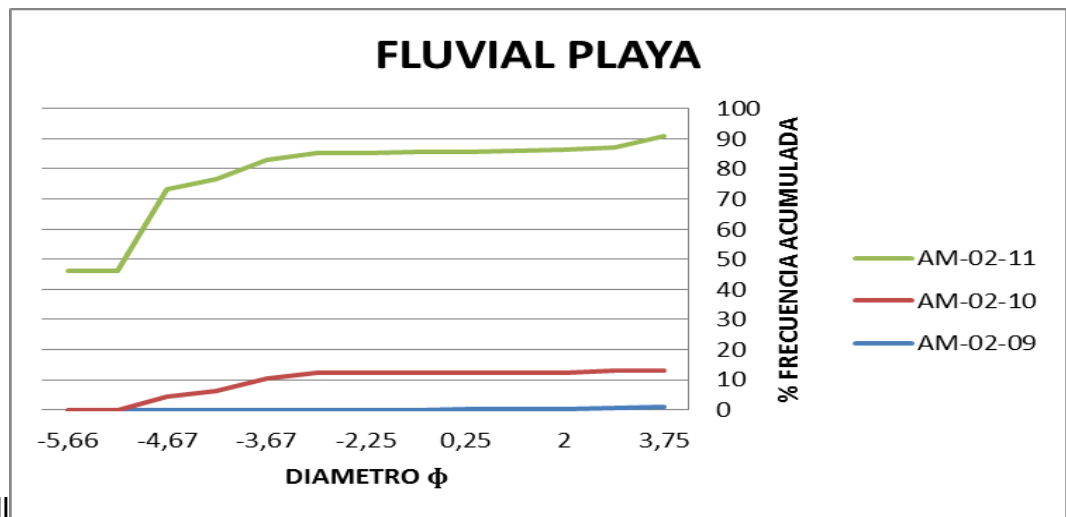
Para el ambiente Till se tienen las muestras:AM-01-01, AM-01-02, AM-01-03, AM-01-04, AM-01-05, AM-01-06, AM-01-07, AM-01-08, AM-01-09, AM-01-10, AM-01-11, AM-01-12, AM-01-13, AM-01-14, AM-01-15, AM-01-16, AM-01-17, AM-02-01, AM-02-02, AM-02-03, AM-02-04, AM-02-05, AM-02-06, AM-02-07, AM-02-08, y

AM-02-13. Para el ambiente fluvial playa: AM-02-09, AM-02-10, AM-02-11, AM-02-12.

Figura 22. Diagrama de cada uno de los ambientes obtenidos en los ensayos granulométricos: A) Till. B) Fluvial-playa.



A) Ambiente



B) Ambiente fluvial- playa

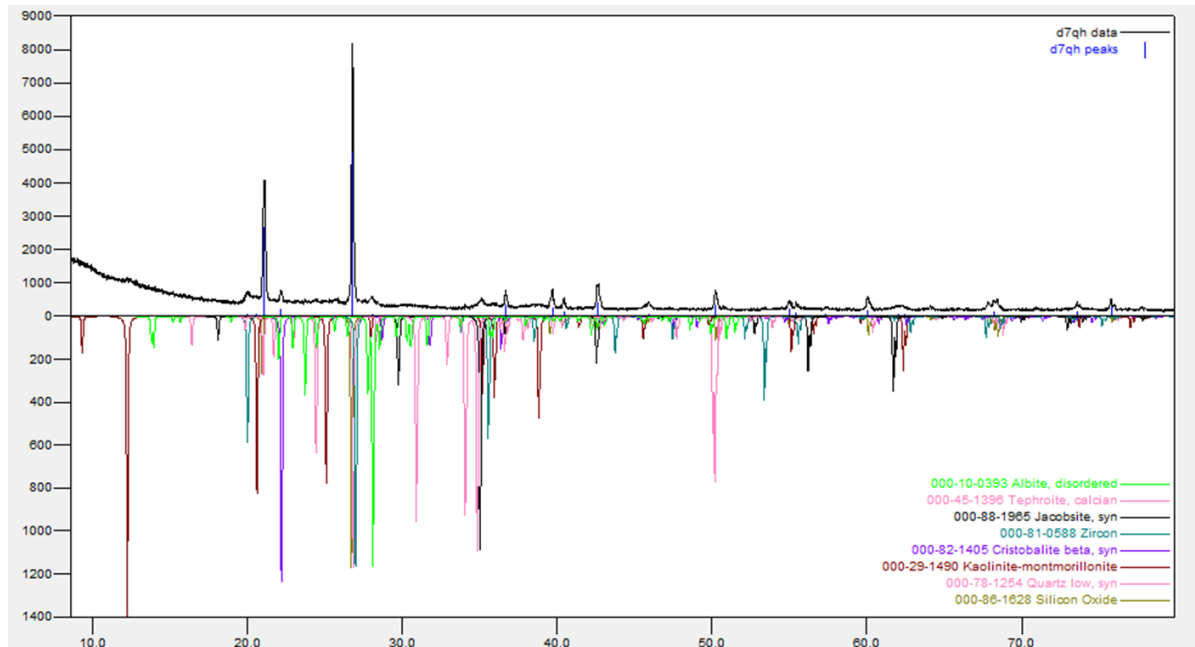
Fuente: Autoras.

La **figura 25** Nos permite comparar los dos ambientes sedimentarios identificados con la granulometria, son ambientes caracteristicos de la Terraza de Bucaramanga; el ambiente tipo Till (A), se produce por descongelamiento glaciario arrastrando flujos de lodos y en este caso según la grafica de % de frecuencia acumulada llegando a la parte distal del abanico solo quedan los sedimentos mas finos (lodo, arena fina y media). Para el ambiente fluvial- playa (B) se encuentran sedimentos de tamaño de grano tipo arena gruesa y grava, mostrando un nivel de energia mayor (medio), los clastos que se encuentran en las gravas no superan los 16mm. 8

9.3 DIFRACCIÓN DE RAYOS X

Como se menciona en el capítulo de resultados y se presentaron dos graficas representativas de las muestras, dentro de esto se reconocieron minerales clave para confirmar la procedencia. A continuación se anexa la figura 26 que muestra los picos caracteristicos de cada mineral.

Figura 23. Difracción de rayos X estandar para estos resultados.



Fuente: Autoras.

En este perfil se logran identificar los diferentes picos pertenecientes a cada fase mineral. Se tiene:

- Albite: se encuentra en algunos granitos, en las pegmatitas graníticas, en vetas y en algunas rocas metamórficas. Es la única plagioclasa que es en todo semejante a un mineral filoniano. En algunas rocas ígneas, subsilíceas alteradas (espilitas), se forma a expensas de la plagioclasa cálcica como un mineral deutérico. Kerr, Paul. F. Mineralogía óptica, 1965.
- Tefroita: es común encontrarla en yacimientos de minerales de hierro y manganeso, en rocas sedimentarias metamorfozadas y pizarras.
- Jacobsita: pertenece al grupo de la espinela, se puede encontrar como un mineral secundario a partir de depósitos de otros minerales de manganeso en algunos yacimientos de estos sometidos a metamorfismo.

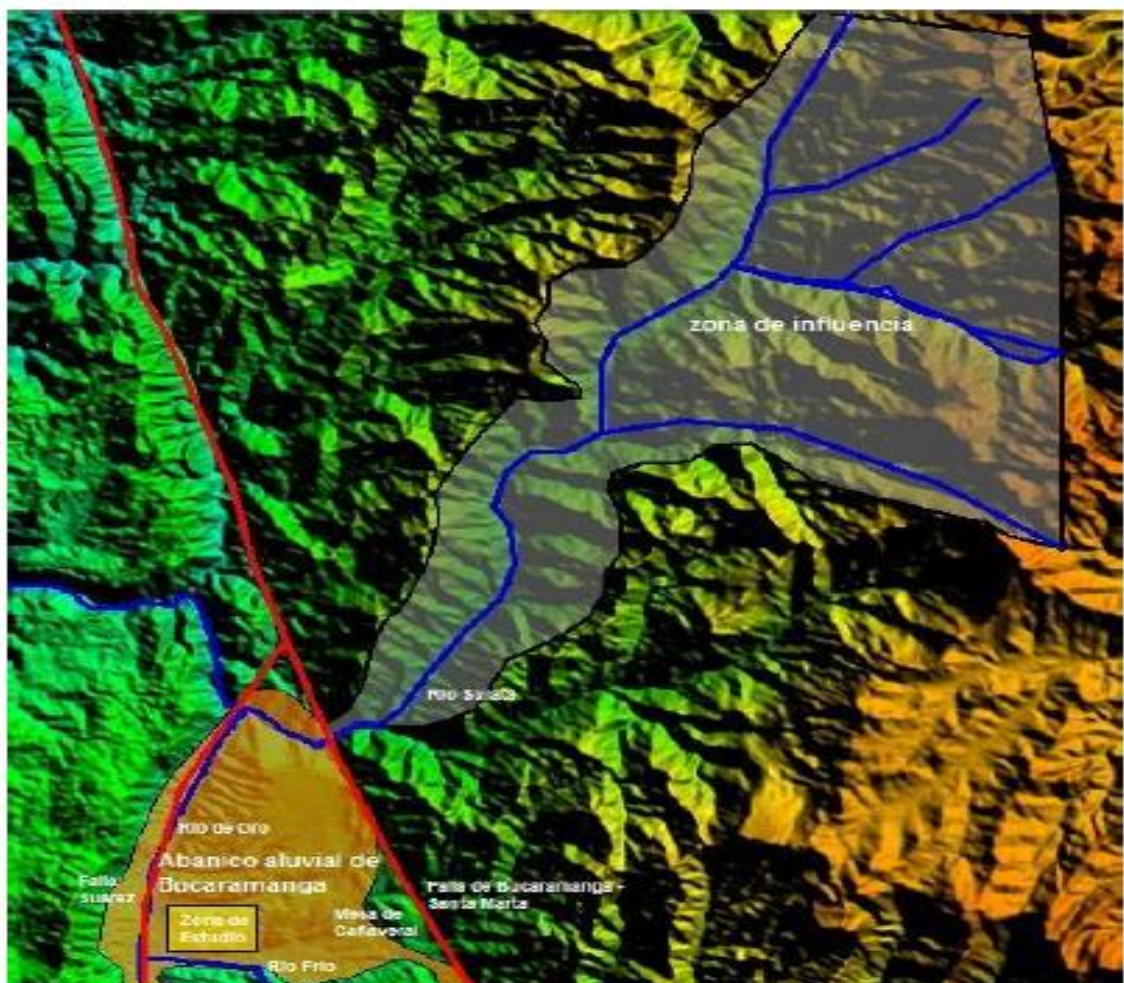
- Zircon: su origen es secundario como resultado de la oxidación de la Galena, junto a la cerusita, vanadinita y otros minerales. Es muy importante poder identificar este mineral puesto que con él se podría realizar datación radiométrica para determinar la edad de los sedimentos.
- Cristobalita: la cristobalita se encuentra en rocas ígneas volcánicas, tales como obsidiana, riolita, andesita, auganita y basalto. Kerr, Paul. F. Mineralogía óptica, 1965.
- Montmorillonita: es una arcilla expansora de tres capas que tiene una gran superficie y una elevada capacidad de intercambio catiónico. Este mineral es bastante abundante dentro de las zonas de estudio.
- Cuarzo: es un mineral abundante. Se encuentra en muchos tipos de rocas, ya como mineral esencial, ya como mineral accesorio o secundario. Es especialmente abundante en las areniscas, arkosas, arenas, cuarcitas, granitos, riolitas y gneises.
- Nontronita: pertenece al llamado grupo de la esmectita, es un mineral de origen secundario que se presenta como alteración de minerales como kimberlitas, basaltos y rocas ultramáficas. También puede formarse como alteración hidrotermal de basaltos y por metamorfismo de contacto.

Teniendo en cuenta las descripciones realizadas se confirma la procedencia del Macizo de Santander como la principal fuente de aporte de sedimentos al abanico de Bucaramanga, en este caso al Miembro Pre-Órganos.

Según De Porta (1958) define la Terraza de Bucaramanga como un conjunto de rocas que se han depositado sobre la dovela que se ha hundido progresivamente. La Terraza de Bucaramanga en realidad está limitada por las fallas que han

formado la dovela, la cual se estrecha hacia el norte, que al hundirse paulatinamente ha permitido la acumulación de gran cantidad de sedimentos a través de flujos torrenciales provenientes del Río Suratá, que depositó el nivel base (Miembro Pre-órganos) y los siguientes niveles del abanico aluvial de Bucaramanga (Garnica y Niño, 2015).

Figura 24. Modelo de elevación donde se delimita el abanico aluvial de Bucaramanga y la zona de influencia de los clastos.



Fuente: Caracterización **sedimentológica** del segmento Órganos de la Formación Bucaramanga en el sector del anillo vial del municipio de Girón departamento de Santander, Garnica y Niño, 2015.

9.4 PETROGRAFÍA

Ms: en este nivel tenemos una lodolita arenosa de la cual no se observa la base debido a que está cubierta, presenta un color blanco-rojizo, se encuentra bastante alterado debido a la exposición y es de fácil identificación el caolín en ella, también se observa materia orgánica. Ver Figura 28.

Figura 25. Capa 1, lodolita arenosa y muestra AM-01-01



Smg: arenisca gravo-lodosa de fragmentos líticos con tamaños canto de areniscas, distribuidos caóticamente, sin imbricaciones, sub-redondeados y sub-esféricos, los cantos presentan contacto tangencial entre ellos, no se observa materia orgánica, presencia de óxidos en forma de lobulos, capa de color rojizo. Ver figura 30.

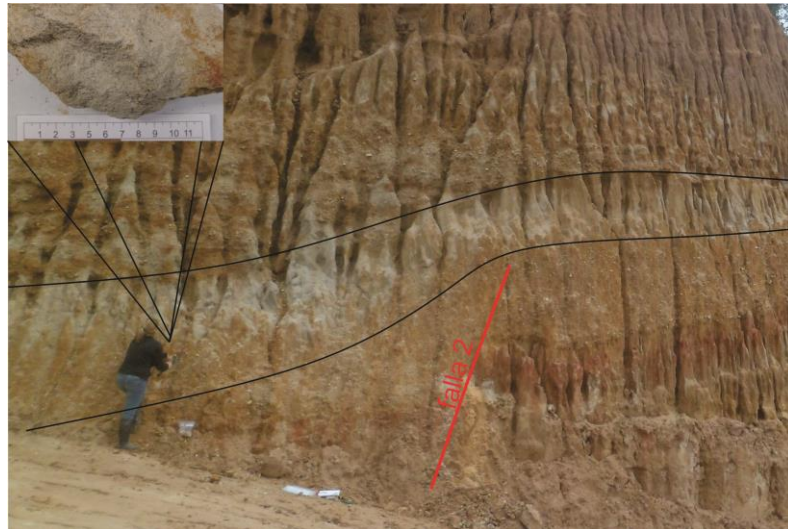
Capa muy meteorizada debido a la exposición contactos superior e inferior erosivos, presenta un salto de 0,7 m (Falla 1), y en la parte superior de la capa se observa un paleosuelo.

Figura 26. Capa 3 arenisca gravo-lodosas, paleosuelo parte superior de la capa, falla 1, muestra AM-01-05.



Sm arenisca lodosa de color gris, pardo, arena de fina a gruesa, con matriz arcillosa, con presencia de materia organica, mal calibrada, granos sub-redondeados, contacto superior erosivo debido a la meteorización, se observa laminación cruzada en algunos sectores. Ver figura 31.

Figura 27. Capa 5 arenisca lodosa, AF1, falla 2 afectando la parte derecha de la capa, muestra AM-01-07.



En la figura 31 que se muestra anteriormente se observan hacia la parte derecha hay unos estratos que pierden espesor debido a las fallas presentes.

M: Nivel lodolita, la roca tiene un color marron-naranja, se observa una laminación planoparalela (Ver figura 32) y presenta pequeñas venas de color negro, correspondiente a raíces fijadas en el sustrato, en medio de la capa se observa un paleosuelo de color rojizo con presencia de materiales organicos bulbosos de manera significativa, distribuidos al azar dentro de una matriz lodosa.

Figura 28. Segmento lodolita, con paleosuelo.



Hacia el tope de las arcillas se presentan de manera aleatoria diversos clastos que ponen en contacto el nivel arcilloso con el arenoso. El inicio del ciclo arenoso presenta las mismas tonalidades del varicoloreado.

Sm(g): arenisca lodosa con algo de grava, arenas finas, matriz soportada con algunas gravas, distribuidos caóticamente, sin imbricaciones, sub-redondeados y sub-esféricos, los cantos presentan contacto tangencial entre ellos, no se observa materia orgánica, presencia de óxidos en forma de lobullos, capa de color blanco, en la zona 1 tenemos esta capa tiene un lente bastante notable, y al hacer la correlación de las columnas podemos observar un cambio de espesor, que se da debido a la tectónica presente en esta zona. Ver figura 33.

Figura 29. Capa 6 arenisca lodosa con algo de grava, lente en medio de la capa con la misma composición textural y mineralógica, muestra AM-01-13.



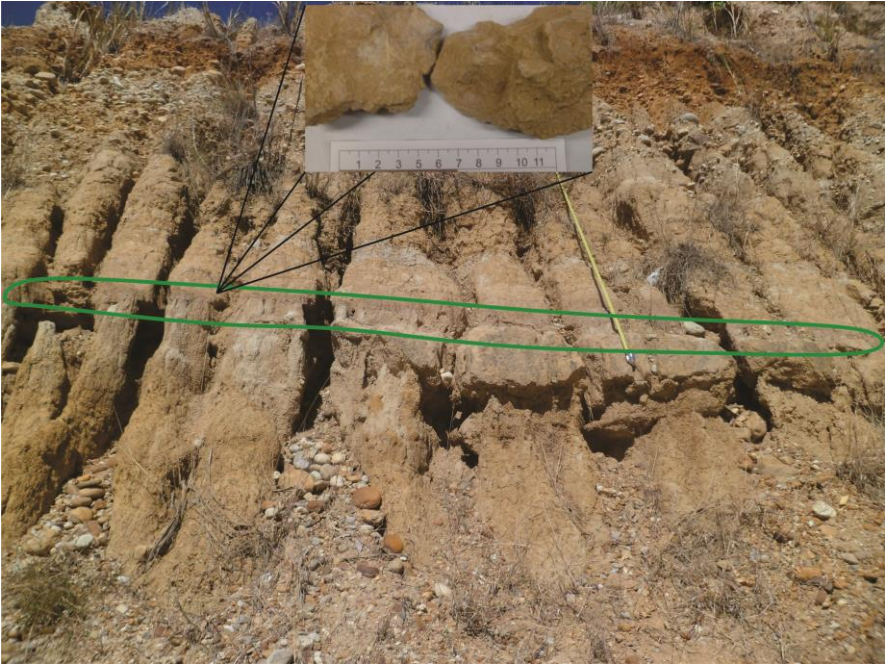
Gms: grava areno lodosa nivel clastosoportado de fragmentos líticos tamaño canto de areniscas, granitos, esquistos y lodolitas rojizas, distribuidos caóticamente, sin imbricaciones, sub-redondeados, los cantos presentan contacto tangencial entre ellos. Ver figura 34.

Figura 30. Capa 10 gravas areno lodosas, zona 2.



Paleosuelo Nivel masivo ferruginoso muy bien cementado con coloración rojizo-naranjado oscuro – ocre, laminaciones plano paralelas en algunos sectores, 15 centímetros de espesor. Ver figura 34.

Figura 31. Paleosuelo zona 2, muestra AM-02-08.



10 CONCLUSIONES

- Se reconoce como Miembro Pre- Órganos de la Formación Bucaramanga, pues teniendo en cuenta lo mencionado en el código de Nomenclatura Estratigráfico Internacional las características para nombrar formalmente Unidades Geológicas son: asignar categoría y rango (Miembro), selección y derivación del nombre (Pre- Órganos), descripción de la unidad (realizada en el presente trabajo), antecedentes históricos, las correlaciones, entre otros. Se diferencia con el Miembro Órganos, pues en este se encuentran paleosuelos, lentes y banco carbonatado que no es común.
- La zona de estudio se ubica en la parte distal del abanico aluvial de la Terraza de Bucaramanga.
- Para el Miembro Pre-órganos se obtuvieron dos ambientes sedimentarios de depositación: (1) Till y (2) Fluvial-playa. La presencia de estos ambientes se debe a variaciones en el régimen de energía al momento de la depositación de los sedimentos, donde hubo ciclos de baja y media energía.
- Se presentaron dos eventos energéticos identificados en la columna generalizada: (1) el primer evento comprende energía baja a media intermitentemente y el (2) segundo evento comprende energía media.
- La procedencia de los sedimentos es del Macizo de Santander apoyándonos en los resultados de difracción de rayos X, donde se identifican minerales ígneos, metamórficos, algunos secundarios producto de alteración como: Nontronita producto de alteración de rocas ígneas maficas; Tefroita aparece en rocas metamorfizadas como pizarras; caolinita producto de alteración de

feldespatos; zircones; característicos del macizo.

- Se encontró evidencia de materia orgánica más exactamente en los niveles donde aparecían paleosuelos, apoyando la evidencia de que nos encontramos en la parte distal del abanico.
- Mediante petrografía macroscópica y las características texturales y composicionales de los clastos sedimentarios, se obtuvo que hay presencia de caolín producto de la alteración de feldespatos, esto se debe a procesos supergenos.

11 SUGERENCIAS

- Se sugiere realizar análisis de fluorescencia para determinar mejor los minerales presentes dentro del Miembro Pre-Órganos, ya que con la difracción y la proporción del mismo mineral no se logran identificar todos.
- Es importante proponer una datación radiométrica basada en zircones para este miembro y así determinar la posible edad de depositación o formación de los sedimentos que lo componen.
- Es recomendable hacer un estudio estructural a la zona 1 (Bahondo) donde se encuentran varias fallas a nivel local, para corroborar la influencia tectónica de la zona.

BIBLIOGRAFÍA

ARROYAVE, Franco; CARVAJAL RAMOS, Claudia Patricia; Caracterización geológica y análisis granulométrico de depósitos vulcanoclasticos en la Formación Paja (Secciones, La Paila- Sevilla, La Uribe- Sevilla, Andalucía- Galicia y Buga- La Habana). Universidad de Caldas. 2009.

BLISSENBACH, Erich. Geology of alluvial fans in semiarid regions. Geological Society of America Bulletin, 1954, vol. 65, no 2, p. 175-190.

BOINET, et al. La falla de Bucaramanga (Colombia), su función durante la Orogenia Andina. Geología Norandina No 11, 1989, p. 3-10.

BUENO, Edgar; SOLARTE, A. Geología, Geotecnia y Comportamiento Erosivo del Área de Reserva Forestal de Bucaramanga. 1994. Tesis Doctoral. Tesis de grado. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga.

BULL, H. O. An evaluation of our knowledge of fish behaviour in relation to hydrography. Rapp. Cons. Explor. Mer, 1952, vol. 131, p. 8-23.

BULL, William B. The alluvial fans environment. 1977, Progress in Physical Geography, No 1, p. 222-270.

CABALLERO V M. Evolución Tectono-Sedimentaria del Sinclinal de Nuevo Mundo, Cuenca Sedimentaria del Valle Medio del Magdalena Colombia, durante el Oligoceno-Mioceno. Tesis de Maestría. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. 2010

CAMPBELL, R.H. Soil slips debris flows and rainstorms in the Santa Monica Mountains and Vianity, Southern California U.S. 1975, Geological Survey Professional paper, No 851, p. 51.

CARRYER, S.J. A note on the formation of alluvial fans. New Zealand. 1966, Journal of Geology and Geophysics, No 9, p. 91-94.

CARRILLO, Edgar; CASTRO, Eduardo; IBAÑEZ, Diego; VERGARA, Heyley. Mapa Geológico de la zonificación sismogeotécnica indicativa del área metropolitana de Bucaramanga de. 2001. Integrando la base cartográfica de la alcaldía del municipio de Girón. Ingeominas. 2015.

CRITCHFIELD, Howard J. Howard J. General climatology. 1966.

CRUZ GUEVARA, Luis Enrique & CABALLERO, Víctor Manuel. Guías de Laboratorio de Sedimentología para Geólogos. 2007.

DAMON, Richard A.; HARVEY, Walter R. Experimental design, ANOVA, and regression. New York: Harper & Row, 1987

DAVIS, W.M. The basin range problem. 1925, Nat. Acad. Sci. Proc, No 11, p. 387-392.

DE PORTA, J. La Terraza de Bucaramanga. Boletín de Geología, 1958, vol. 3. No. p. 5-13.

DENNY, Charles Storrow. Alluvial fans in the Death Valley region, California and Nevada. US Govt. Print. Off., 1965.

ECKIS, Rollin. Alluvial fans of the Cucamonga district, southern California. The Journal of Geology, 1928, p. 224-247.

FRECH, R.H. Hidraulic processes on alluvial fans. Developments in water Sciences, 1987, No 31, p. 244. Elseiver Science Publishers.

FROSTICK, L.E; REID, I. Climatic versus tectonic controls of fan sequences: lessons from the Dead Sea, Israel. 1989, Journal of the Geological Society, No 146, p. 527-538.

GARNICA SUAREZ Anderson Fabian; NIÑO PINTO, Luis Gabriel. Caracterización sedimentologica del segmento organos de la Formación Bucaramanga en el sector del anillo vial del municipio de Girón departamento de Santander. 2015

GOMEZ, Villar A. Abanicos aluviales: aportación teórica a sus aspectos más significativos. Cuatern. Geomorfol., 1996, vol. 10, No 3-4, p. 77-124.

GONZALES, G.C; QUINTERO, M.E. Patrones de fracturamiento asociado a la Falla de Bucaramanga Sector Piedecuesta- Río Suratá. Universidad Industrial de Santander, Departamento de Geología, Bucaramanga, 1990, p. 20-21 y 79-80.

HACK, J.T. Studies of longitudinal stream profiles in Virginia and Maryland, U.S. 1957, Survey professional paper, No 294b, p. 45-97.

HARRIS, Stuart A.; GUSTAFSON, Catherine A. Debris flow characteristics in an area of continuous permafrost, St. Elias Range, Yukon Territory. Zeitschrift fur Geomorphologie, 1993, vol. 37, p. 41-41.

HARVEY, A.M. Patterns of quaternary aggradational and dissectional land form development in the Almeria region, southeast Spain: a dry region tectonically active landscape. 1987, No 118, p. 193-215.

HARVEY, A.M. The occurrence and role of arid zone alluvial fans. 1989, en: D.S.G. Thomas (Ed), Arid zone geomorphology, John Willey & Sons, p. 136-158.

HOOKE, Roger LeB. Processes on arid-region alluvial fans. The Journal of Geology, 1967, p. 438-460.

HOOKE, Roger Leb; ROHRER, William L. Relative erodibility of source-area rock types, as determined from second-order variations in alluvial-fan size. Geological Society of America Bulletin, 1977, vol. 88, no 8, p. 1177-1182.

HOWARD, A.D. Patterns of sedimentary dispersal in the Fountain formation of Colorado. 1966, Mountain Geologist, No 3, 147-153.

HUBACH, Enrique. Interpretación geológica de la erosión y de los deslizamientos en Bucaramanga y medidas de defensa. Inst. Geol. Informe 867. Bogotá. 1952.

HUGGET Richart, J. Fundamentals of Geomorphology. Routledge. 2007.

INGEOMINAS. Sismogeotécnica indicativa del área metropolitana de Bucaramanga. Bogotá. 2001

IRVING, Earl. Montgomery. La evolución estructural de los Andes más Septentrionales de Colombia. 1971, Republica de Colombia, Instituto Nacional de Investigaciones Geológico- Mineras.

JULIVERT, M. La Morfoestructura de la Zona de las Mesas al SW de Bucaramanga, (Colombia S.A). Boletín de Geología, 2014. Vol. 1. Pag 22 y 35-40.

JULIVERT, M. Las estructuras del valle medio del Magdalena y su significación. Boletín de Geología, 2014, vol. 6, no 1.

KERR, Paul F. Mineralogía óptica. 1965.

KOSTASCHUCK, R.A, et al. Depositional process and alluvial fan-drar-nage basin morpho metric relationships near Banff, Alberta, Canada. 1986, Earth Surface Processes and landforms, No 11, p. 471-484.

LECCE, S.A. The alluvial fan problema, en: A.H. Rachocky & M. Church (Eds). Alluvial fans. 1990, a field approach-Jhon Willey & Sons, p. 3-24.

LIMA AMARA, María Camila; MEDINA RAMOS, Josué Daniel. Evolución climática y estratigráfica del Miembro Órganos de la Formación Bucaramanga. 2015.

NAVAS, J. Geología del Carbonífero al N. de Bucaramanga. Universidad Industrial de Santander, Boletín de Geología No 11. 1962, p. 23-24.

NILSEN, Tor H. Alluvial fan deposits. 1982.

NILSEN, W. G. Raman spectrum of cubic ZnS. Physical Review, 1969, vol. 182, no 3, p. 838.

NIÑO, Aura. Aura & VARGAS, Guillermo. 1992, 1994. Modelo de evolución para el abanico de Bucaramanga. Revista Facies. Universidad Industrial de Santander, Vol 2, no 1.

NIÑO, Aura. Aura & VARGAS, Guillermo. 1992, 1994. Neotectónica al Norte de Bucaramanga. Revista Facies. Universidad Industrial de Santander, vol. 2, no 1.

OZOLS, Andres. Aplicaciones de la difracción de rayos X. 2009.

REID, Ian; FROSTICK, Lynne E. Channel form, flows and sediments in deserts. Arid Zone Geomorphology: Processes, Form and Change in Drylands, 1997, p. 205-229.

RETALLACK, Gregory J. Cenozoic expansion of grasslands and climatic cooling. The Journal of Geology, 2001, vol. 109, no 4, p. 407-426.

RUST, B.R; KOSTER, E.H. Coarse alluvial deposit. Facies modal. 1980, p. 53-60.
SPALLETTI, Luis A. Textura de las rocas sedimentarias plásticas. Cátedra de sedimentología. Universidad Nacional de La Plata. Facultad de Ciencias Naturales y Museo. Argentina. 2007

T HACK, J. O. H. N. Submerged river system of Chesapeake Bay. Geological Society of America Bulletin, 1957, vol. 68, no 7, p. 817-830.

VÁSQUEZ, Luis Eduardo & BERMOUDES, Olga. INGEOMINAS. Modelo geológico geofísico con fines hidrogeológicos para el área metropolitana de Bucaramanga. Bogotá, Colombia. 2010.

WARREN, Guyon. Simplified form of the Folk-Ward skewness parameter. Journal of Sedimentary Research, 1974, No 1, vol. 44.

WASSON, R.J. Cattachment processes and the evolution of alluvial fans in the lower Derwent Valley, Tasmania. Zeitschrift fiir geomorphologie, 1977, No 21, p. 147-168.

WASSON, R.J. Sedimentary history of the Mundi Mundi aluvial fans, western New South. Wales. 1978, Sedimentary Geology, No 22, p. 21-51.