

**ITINERARIO GEOLÓGICO DEL ÀREA METROPOLITANA DE
BUCARAMANGA, SANTANDER**

**KARENINA GONZÀLEZ MUÑOZ
MARIA XIMENA ROJAS FORERO**

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

2012

**ITINERARIO GEOLÓGICO DEL ÁREA METROPOLITANA DE
BUCARAMANGA, SANTANDER**

**KARENINA GONZÁLEZ MUÑOZ
MARÍA XIMENA ROJAS FORERO**

**Trabajo de grado realizado como requisito para optar al título de
GEÓLOGA**

**Director:
MSc. SAIT KHURAMA VELÁSQUEZ**

**Codirector:
PhD. CARLOS ALBERTO RÍOS REYES**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOQUÍMICAS
ESCUELA DE GEOLOGÍA
BUCARAMANGA**

2012

DEDICATORIA

A las personas que aportaron a mi vida y mis largos años en la universidad, gracias a los que estuvieron y a los que aún están.

A mi papá por estar siempre pendiente, ser mi amigo y consejero, por la educación, la política. A mi mamá Emilce por el buen gusto y por ser un ejemplo, por enseñarme el significado de la responsabilidad en el trabajo.

A mi mamá chelita porque a ella le debo todo lo bueno que tengo y lo que soy, además de ser mi luz y mayor motivación. A Gonzo por la alegría, “las foticos” y muchos recuerdos bellos junto a mis primos.

A mi tía Mireya por las pepitas y sobre todo por traer al mundo a mi pequeño amor, Sebitas.

A mi hermana Cata, a toda mi familia en general, mi tía Susi, tía Nancy...

A las personas que me acompañaron durante el largo camino, William Rueda, mi apoyo y respaldo desde que lo conocí, a Mayra Vargas por creer en mí aun cuando yo dudé.

A Jaimito, Rossy, Chiky, doña Heidy, Paola Flórez, Adriana Herrera, Tati, Jesús B. Rueda, las chicas de la secretaría, Cecilia, Yecenia, Andreita, Sonia...

A las que me enseñaron el valor de la amistad, así hace mucho tiempo lo hayan dejado de ser, Diana Quintero y Gigiola García

A Jimmy Morales por la paciencia y colaboración en este proyecto.

A la persona que representa el amor en mi vida, Walter Zarate, gracias por crecer a mi lado, por el respaldo, el apoyo, la compañía, los viajes, por todo vida.

KARENINA GONZÁLEZ MUÑOZ

DEDICATORIA

A mi madre quien en el corto tiempo compartido me supo dar una luz en el largo camino de mi vida para llegar a ser una gran mujer, una gran madre y una gran profesional y que día a día desde donde está siempre me va a iluminar.

A mi padre Manuel Guillermo quien con su experiencia, incondicionalidad y amor fue un gran guía para sobreponerme ante cualquier adversidad y dejar atrás los impases que en algún instante opacaron mi camino.

A mis tías quienes con su amor y comprensión estuvieron presentes en cada momento de mi vida universitaria dándome la fortaleza para superar cualquier obstáculo y poder salir adelante hoy.

A mis hermanos quienes se convirtieron en mis mejores aliados en períodos de debilidad y quienes fueron mi sostén cuando creía desfallecer.

A Diego y mis hijos quienes son el motor de mi vida y por quienes siento gran inspiración para ser una mejor persona y profesional.

A mis amigos y a todas las personas que de alguna manera se involucraron en mi causa y me acompañaron en los momentos buenos y malos para darme fuerza y ánimo hasta lograr verme triunfar.

A todos muchas gracias.

MARÍA XIMENA ROJAS FORERO

AGRADECIMIENTOS

Les damos nuestros más sinceros agradecimientos a:

Al personal docente y administrativo de la escuela de Geología, por la formación académica, personal y su colaboración en este camino de vida universitaria especialmente en los últimos momentos de culminación de nuestra carrera.

Al geólogo MSc. Sait Khurama Velásquez, director de este proyecto, por la asesoría, tiempo y sobre todo por el apoyo en todo en este proceso de aprendizaje.

Al geólogo PhD. Carlos Alberto Ríos Reyes, codirector de este proyecto, por sus críticas y asesorías.

Al profesor Eduardo Castro, por sus muy buenas críticas constructivas y aportes al mejoramiento de este estudio, de verdad, mil gracias.

Al profesor Jairo Clavijo por su valioso aporte científico para el mejoramiento de este proyecto.

A todos los profesionales en Geología quienes con su valiosa colaboración y compartir de su conocimiento sobre el área de estudio fueron nuestra base para lo que se constituyó en un gran trabajo de investigación.

A nuestros familiares por todo el apoyo incondicional en cada etapa de nuestras vidas haciendo de nosotras lo que somos hoy.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	19
1. DESCRIPCIÓN DEL ESTUDIO	20
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	21
1.2 JUSTIFICACIÓN.....	22
2. OBJETIVOS.....	24
2.1 OBJETIVO GENERAL	24
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	24
3. METODOLOGÍA	26
3.1 FASE DE RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS DEL ESTADO DEL ARTE.	27
3.2 FASE DE CAMPO	27
3.3 FASE DE OFICINA.	27
3.3.1 Identificación	28
3.3.2 Selección de Parámetros y Valoración.	29
3.3.3 Jerarquización y Catalogación.	30
3.4 FASE DE INTEGRACIÓN DE LA INFORMACIÓN	30
4. FUNDAMENTO TEÓRICO	31
4.1 PATRIMONIO GEOLÓGICO Y GEODIVERSIDAD	31
4.1.1 Patrimonio Geológico.....	31
4.1.2 Geodiversidad.....	33
5. ANTECEDENTES.....	37
6. INFORMACIÓN GENERAL DEL ÁREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA.....	42
6.1 LOCALIZACIÓN.....	42
6.2 INFORMACIÓN GEOLÓGICA.....	43
6.2.1 Marco Geológico Regional.....	45

6.3 ESTRATIGRAFÍA.	47
6.3.1 Rocas Metamórficas	49
6.3.2 Rocas Ígneas	50
6.3.3 Rocas Sedimentarias	52
6.4 GEOMORFOLOGÍA.....	57
6.5 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL.....	61
6.5.1 Sistema de Fallas Bucaramanga - Santa Marta.....	63
6.5.2 Sistema de Fallas Suárez – Río de Oro (Figura 20).	64
7. RESULTADOS.....	66
7.1 ENCUESTA	66
7.2 MAPA GEOLÓGICO	73
7.3 ITINERARIO GEOLÓGICO.....	73
7.4 DISCUSIÓN	73
7.4.1 Afloramiento Vía al Barrio Pan de Azúcar	74
7.4.2 Afloramiento entrada Barrio Prados del Sur.....	75
7.4.3 Calle 36 con Carrera 18W, Barrio La Joya, Estación de Buses.	76
7.4.4 Carrera 15W con Calle 31. Barrio Don Bosco.....	77
7.4.5 Barrio Los Estoraques	78
CONCLUSIONES	80
RECOMENDACIONES	83
BIBLIOGRAFIA.....	84
ANEXOS	91

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Diagrama de flujo que muestra la Metodología desarrollada en el estudio del Itinerario Geológico.	26
Figura 2. Localización de la zona de estudio correspondiente al Área Metropolitana de Bucaramanga.....	42
Figura 3. Panorámica de parte del Macizo de Santander tomada desde el barrio Altos de Pan de Azúcar, en la carrera 50 con calle 53.	44
Figura 4. A. Formación Girón, afloramiento en el barrio Zapamanga. B. Formación Bucaramanga, frente a CENFER, junto al puente.	44
Figura 5. Acreciones continentales en el norte de Suramérica. Tomado de Vargas <i>et al.</i> , 2002.	47
Figura 6. Columna estratigráfica generalizada del área de estudio.	48
Figura 7. Afloramiento del Neis de Bucaramanga.....	49
Figura 8. Distribución de las rocas ígneas en la mitad del sur de la Zona III del Inventario Minero Nacional, Colombia. Tomado de Ward, Goldsmith, 1973.....	50
Figura 9. Contacto intrusivo entre el Granito y la Cuarzomonzonita con venas de cuarzo de tipo hidrotermal. Foto cortesía de Torres, 2009.	51
Figura 10. Afloramiento de la Formación Girón, ubicado en la vía antigua a Floridablanca al frente del Colegio Metropolitano del sur.	52
Figura 11. Afloramiento correspondiente al Miembro Órganos de la Formación Bucaramanga, en la vía el Anillo Vial de Floridablanca a Girón.....	54
Figura 12. Afloramiento correspondiente al Miembro Finos de la Formación Bucaramanga, ubicado sobre la Transversal Metropolitana junto al Parque Sol de los Estoraques.	55

Figura 13. Afloramiento correspondiente a los Miembros Gravoso de la Formación Bucaramanga, encontrado a 10m del conjunto residencial Plazuela Real, en el costado norte de la Transversal Metropolitana.	56
Figura 14. Afloramiento correspondiente al Miembro Limos Rojos de la Formación Bucaramanga a 10 m del conjunto residencial Plazuela Real, en el costado norte de la Transversal Metropolitana. Se observa el contacto con el infrayacente Miembro Gravoso.	56
Figura 15. Esquema representativo del abanico de Bucaramanga. Tomado de Niño y Vargas 1992.	57
Figura 16. Perfil de un tramo del abanico de Bucaramanga, Tomado de Niño y Vargas 1992. Y descripción de cada una de las facies, proximal, media y distante. Tomado de Bueno y Solarte 1994.	59
Figura 17. IMAGEN IKONOS – 2001, ÁREA – DMI BUCARAMANGA. Tomada del Plan de Manejo del Distrito de Manejo Integrado de los Recursos Naturales de Bucaramanga. CDMB, 2007.	60
Figura 18. Esquema tectónico del Área Metropolitana de Bucaramanga. Tomado de INGEOMINAS 2001 y Niño y Vargas, 1992.	62
Figura 19. Fotografía y esquema en el que se muestran algunos rasgos de la falla de Bucaramanga, como lo son la charca de falla, una faceta triangular desplazada y uno de los trazos de esta falla.....	64
Figura 20. Fotografía y esquema en el que se muestra facetas triangulares en el extremo occidental de la ciudad en la mesa de Lebrija y el sentido de la falla Suarez.	65
Figura 21. Sitios de Interés Geológico ordenados por número de veces referenciados por los expertos.....	67
Figura 22. Sitios de Interés Geológico ordenados por Importancia según el criterio de los expertos.....	68
Figura 23. Procesos Geológicos que caracterizan cada LIG.	69
Figura 24. Evaluación de Parámetros en cada LIG.	70
Figura 25. Evaluación de cada LIG levantado en campo.....	72

Figura 26. Antiguo afloramiento que muestra el contacto intrusivo entre un granito y una cuarzomonzonita, con venas de cuarzo de tipo hidrotermal. Actualmente tapado con cemento (Foto cortesía de Torres, 2009).	74
Figura 27. Imagen zona tectonizada debido a la Falla La Cumbre. Afloramiento ubicado sobre la Carrera 45 a la entrada del Barrio Prados del Sur, Floridablanca. (Foto cortesía de Torres, 2009)	75
Figura 28. Vista panorámica desde el barrio La Joya. Se observa, en la parte inferior izquierda, un muro de contención como obra de estabilización de taludes.	76
Figura 29. Vista panorámica desde el Barrio Don Bosco, en la cual se puede observar el proceso erosivo más intensivo debido a la acción antrópica.....	77
Figura 30. Vista panorámica desde el Barrio Don Bosco hacia el Barrio Nápoles en dirección Norte.....	78
Figura 31. Vista panorámica desde el barrio los Estoraques. Se observa la Quebrada La Rosita, Escarpes erosionados, Barrio Campo Hermoso y el centro de la ciudad de Bucaramanga.	79
Figura 32. Vista panorámica desde el Barrio los Estoraques hacia el oriente, donde se observa el Barrio San Miguel y la Unión de la Quebrada La Rosita y la Quebrada Los Loros.	79
Figura 33. Afloramientos ejemplos del proceso erosivo desde la erosión laminar hasta la formación de columnas ya en sus estados finales.	81

LISTA DE TABLAS

Pág.

Tabla 1. Parámetros evaluados para la selección de los LIG`s. Modificado de Bruschi (2007).....	30
Tabla 2. Resumen de trabajos a nivel mundial sobre Itinerarios Geológicos.....	41
Tabla 3. Lugares de Interés Geológico referenciados por los expertos dentro de la ruta escogida.	66
Tabla 4. LIG's tomados en campo sobre la ruta.	71

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO A. Encuesta de opinión.....	92
ANEXO B. Mapa geológico.....	95
ANEXO C. Itinerario geológico del área Metropolitana de Bucaramanga, Santander	96

RESUMEN

TITULO: ITINERARIO GEOLÓGICO DEL ÁREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA, SANTANDER^{*}.

AUTORAS: KARENINA GONZALEZ MUÑOZ, MARIA XIMENA ROJAS FORERO^{**}

PALABRAS CLAVE: Itinerario Geológico, Patrimonio Geológico, Geodiversidad, Formación Bucaramanga.

DESCRIPCIÓN:

A lo largo de una ruta se tomaron puntos estratégicos que cubren una zona designa del Área Metropolitana de Bucaramanga, con el fin de tener un inventario de los diversos sitios de Interés Geológico, a modo de estaciones, que muestran e identifican los procesos que modelaron el paisaje de la ciudad, los cuales incluyen aspectos relacionados con la litología (Neis de Bucaramanga, La Diorita Tonalita, Cuarzomonzonita, Formación Girón, y Formación Bucaramanga, incluyendo el Miembro Órganos, Finos, Gravoso y Limos Rojos); la geología estructural (sistema de fallas Bucaramanga- Santa Marta, Río de Oro, Suarez y las fallas satelitales) y procesos de erosión y remoción en masa que tiene relación con el abanico en el que se encuentra asentada la ciudad y los alrededores del Área Metropolitana.

Todo el conjunto de características descritas, fueron valoradas y evaluadas por medio de parámetros definidos, llevados a cabo en una encuesta a un grupo de 12 expertos de la región, complementada con los criterios propios de los autores. Los mismos criterios fueron aplicados a los sitios resultantes de la salida de campo, dando como resultado el itinerario del Área Metropolitana de Bucaramanga.

El Itinerario consta de 28 estaciones (EST) en los que se identifica el sitio, acompañado de fotos y esquemas representativos de cada una de estas, en algunos casos figuras explicativas de los procesos que se mencionan, columnas estratigráficas de los afloramientos representativos de la ruta, con una descripción que resume su importancia geológica y se dan conclusiones acerca de su historia y evolución que han estado involucrados en el modelamiento del paisaje.

^{*} Proyecto de grado

^{**} Facultad de Ingenierías Fisicoquímicas. Escuela de Geología. Director: MSc. Sait Khurama Velásquez. Codirector: PhD. Carlos Alberto Ríos Reyes

ABSTRACT

TITLE: GEOLOGICAL ITINERARY OF METROPOLITAN AREA OF BUCARAMANGA, SANTANDER^{*}

AUTHORS: KARENINA GONZÁLEZ MUÑOZ, MARÍA XIMENA ROJAS FORERO^{**}

KEY WORDS: Geological Itinerary, Geological Heritage, Geodiversity, Bucaramanga Formation.

SUMMARY:

Along the route were taken strategic points to cover a designated area of the Metropolitan Area of Bucaramanga, in order to have an inventory of the various sites of geological interest, by way of stations that show and identify the processes that shaped the landscape of the city, which include issues related to lithology (Bucaramanga Gneiss, the Tonalite Diorite, quartzmonzonite, Giron formation and Bucaramanga formation, including the Organos Member, Gravels and Red Limes), structural geology (Bucaramanga-Santa Marta fault system, Rio de Oro-Suarez and satellite faults) and the processes of erosion and landslide which is related to the alluvial fan in which the city is settled and the surrounding metropolitan area.

The entire set of features described, were assessed and evaluated through defined parameters, performed on a survey of a group of 12 experts from the region, supplemented by the criteria of the authors. The same criteria were applied to the sites from the field trip, resulting in the itinerary of the Metropolitan Area of Bucaramanga.

The Itinerary consists of 28 stations (EST) the sites are identified with pictures and diagrams representative of each one of these, in some cases explanatory figures mentioned processes, stratigraphic columns, of the representative outcrops of the route, with a description that summarizes its geological importance and given conclusions about its history and evolution that has been involved in the modeling of the landscape.

^{*} Draft grade

^{**} Physicochemical ^{**} Faculty of Engineering. School of Geology. Director: MSc. Sait Khurama Velasquez. Co-director: PhD. Carlos Alberto Ríos Reyes

INTRODUCCIÓN

Al mencionar patrimonio geológico se habla de la riqueza y variedad geológica que posee un territorio, enfocado a la conservación y divulgación de dicho material al público especializado y a la sociedad en general. El estudio del patrimonio se ha presentado anteriormente en trabajos a nivel mundial como España, y en Latinoamérica, incluyendo Argentina, Brasil, Ecuador, Perú y Venezuela; incluso en Colombia aunque en contados casos. Estos estudios muestran en común, la preocupación por una educación que permita crear una conciencia de preservación de lugares que representen valor e interés geológico.

Este tipo de inventarios proporciona información de gran valor para los diferentes entes gubernamentales e industria privada, dedicada al sector turístico y/o relacionados con este tipo de trabajos, como una herramienta más para los posteriores planes de ordenamiento territorial, entre otros, y ver como posible recurso una ruta geoturística, para el aprovechamiento del territorio y alertar sobre las consecuencias de asentamientos en zonas de alto riesgo como son las zonas escarpadas que se encuentran en los alrededores del Área Metropolitana de Bucaramanga, en barrios como Los Estoraques, La Joya, Don Bosco, La Feria, y Morrорico, entre otros, con lo cual se pueden evitar y mitigar posibles desastres naturales.

1. DESCRIPCIÓN DEL ESTUDIO

El presente trabajo se divide en dos partes: La primera, muestra la ubicación de la zona de estudio, explicando la geología que se encuentra en Bucaramanga e incluyendo una descripción estratigráfica, geomorfológica y estructural. En ésta también se incluye una descripción de la metodología con la cual se desarrolló esta investigación. La segunda parte muestra el desarrollo del “Itinerario Geológico del Área Metropolitana de Bucaramanga”, incluyendo un mapa con la ruta propuesta, las estaciones con fotografías, descripciones y esquemas que facilitan la interpretación del modelamiento del paisaje del área estudiada.

Primera parte:

Contiene la introducción, descripción del proyecto, planteamiento del problema, justificación, objetivos y metodología. En esta última se explica cómo se desarrolló el estudio en detalle, el fundamento teórico que permite comprender el significado del concepto de “patrimonio geológico” y “geodiversidad”. En esta primera parte también se describen los antecedentes y la geología reportada por la literatura científica existente. Se hizo especial énfasis en considerar los elementos más relevantes relacionados con el marco geológico del área de estudio, estratigrafía, geología estructural, geomorfología, e información relacionada, así como también las conclusiones y recomendaciones aportadas por estos trabajos.

En general es el resultado de la recopilación bibliográfica de fuentes secundarias, y especialmente de trabajos previos en la modalidad de Itinerarios geológicos en el país y a nivel mundial.

Finalmente, se describen los resultados de aplicación de la encuesta que fue diligenciada por personas expertas en el tema, planteada y aprobada por el grupo

de docentes que dirigen esta investigación, con el fin de obtener diversos sitios que aporten mayor conocimiento del área de estudio. Así como también el análisis de la información levantada en campo en los sitios propuestos por la encuesta y los encontrados en el recorrido de la ruta.

Segunda parte:

La segunda parte corresponde al producto final, es decir, el *Itinerario Geológico del Área Metropolitana de Bucaramanga*. En este, se encuentra la ruta seguida en detalle donde se especifica la localización de cada LIG; se describen 28 lugares de interés geológico que ameritan estar dentro de este itinerario, por medio de fotografías, esquemas que resaltan las características geológicas y una explicación concisa de cada una de éstas de modo que sea fácil de entender por cualquier tipo de lector, sin que por ello pierda relevancia el valor geológico.

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El Área Metropolitana de Bucaramanga, conformada por los municipios de Bucaramanga, Floridablanca, Piedecuesta y Girón, exhibe una morfología influenciada por diversos fenómenos geológicos que han dado como resultado el bello paisaje actual. De igual manera permiten evidenciar los problemas propios que los materiales litológicos involucrados implican y también los adquiridos por la influencia de la acción antrópica.

El área de estudio comprende parte de los municipios de Bucaramanga, Floridablanca y Girón, ubicada sobre una fracción de la depresión tectónica de Bucaramanga. Está limitada al este por el “Macizo de Santander”, al oeste por la Mesa de Lebrija y al sur por la Mesa de Rutoque. Sumado a la geomorfología de la zona, existen otras componentes como la tectónica que deja ver sus huellas a lo largo de la ruta trazada, dejando partes del terreno con lomos alineados y

levantados, cambios en la dirección de las corrientes de agua, escarpes de falla y charcas de falla, entre otros rasgos morfológicos.

En general, el Área Metropolitana de Bucaramanga muestra una riqueza de los paisajes y la gran geodiversidad, lo que continuamente ha llamado la atención de los investigadores en las ciencias de la tierra, quienes han enfocado su estudio en los aspectos geológicos y tectónicos, o en la parte social y económica.

Sin embargo, en este trabajo se pretende dar a conocer la geología del área de estudio, desde un punto de vista integral que incluya el aspecto social-económico, que la catalogue como patrimonio geológico, proporcionando mayor conocimiento científico, potencial didáctico, pedagógico, cultural y geoturístico para la conservación del ambiente y como herramienta de planificación dentro de un modelo de desarrollo sostenible, por medio un inventario de los lugares más representativos que muestre la mayor cantidad de características resaltables, dentro de una ruta designada, exhibidos de manera práctica, sencilla y de forma gráfica, por medio del *Itinerario Geológico del Área Metropolitana de Bucaramanga*.

1.2 JUSTIFICACIÓN

Basados en el significado formal de patrimonio geológico y de geodiversidad, el cual será definido en un apartado posterior, el inventario realizado arroja una serie de resultados que sirven como material de base para dar solución a una serie de problemas en el Área Metropolitana, además de tener un fin lúdico e investigativo. El Área Metropolitana de Bucaramanga se encuentra afectada y moldeada por diversos factores, bien sean tectónicos, litológicos, erosivos, etc., dando como resultado un bello e imponente paisaje. Uno de tantos ejemplos son los escarpes que marcan el límite occidental de la ciudad que, aunque exhibe uno de los cuadros más hermosos del área, también muestran imágenes deprimentes y

críticas que se evidencian en temporadas de lluvia, a causa de la imprudencia de la población al hacer sus asentamientos en zonas escarpadas muy inestables. Sin embargo dichos escarpes, como patrimonio geológico representan un paisaje con un valor altamente explotable con fines geoturísticos, como se han valorado en otros lugares como el parque de los estoraques en Norte de Santander, mostrando una opción viable y productiva para la sociedad en general, presentando beneficios ambientales, sociales y económicos, entre otros.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar un Itinerario Geológico del Área Metropolitana de Bucaramanga a partir de la definición de sitios de interés geológico que permitan reconocer rasgos geológicos e interpretar la evolución de procesos que han contribuido al modelado de la región, pretendiendo por tanto, que sirva de apoyo a los programas de educación geológico-ambiental y geoturístico de la universidad y facilitar a cualquier visitante una serie de materiales y recorridos que le pongan en contacto con la realidad viva de este soberbio paisaje.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

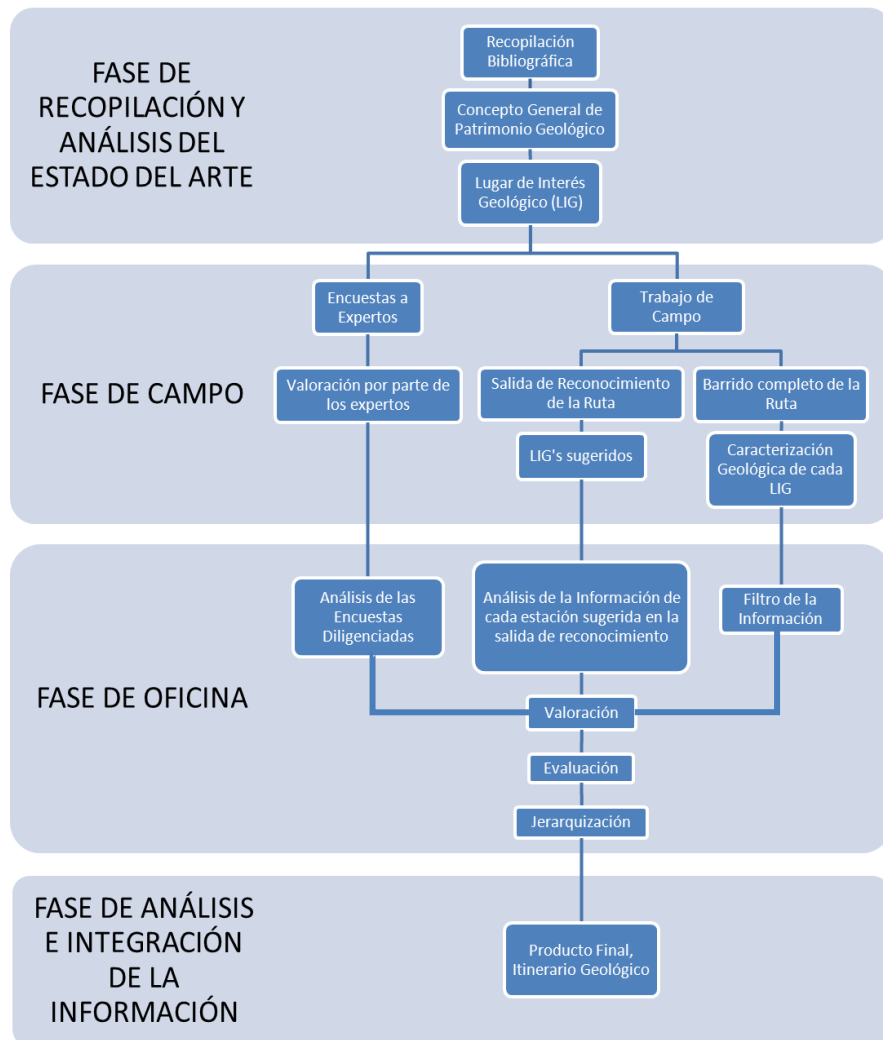
- Recopilar y analizar la información geológica existente para el Área Metropolitana de Bucaramanga.
- Establecer los criterios de valoración, evaluación, clasificación y catalogación de los sitios de interés geológico.
- Realizar un recorrido estratégico de reconocimiento de los sitios de interés geológico.
- Evaluar, clasificar y catalogar cada sitio de interés con base en los criterios definidos.
- Determinar e identificar las características geológicas que reconozcan el patrimonio geológico, la riqueza paisajística, la geodiversidad y formaciones geológicas.
- Realizar un mapa de ubicación de los lugares de interés que resalten el patrimonio geológico del Área Metropolitana de Bucaramanga.

- Desarrollar un catálogo que incluya fotos de cada estación, descripciones, coordenadas, y la información más representativa de cada uno de lugares de interés geológicos analizados sobre la ruta trazada.
- Promover el desarrollo de Itinerarios geológicos en otras regiones del país que sirvan no solo para divulgar su geología sino también para incentivar actitudes de conocimiento, respeto y conservación del patrimonio geológico.

3. METODOLOGÍA

De acuerdo con los objetivos planteados en este proyecto se trazó una metodología, basada en la Metodología desarrollada en la tesis doctoral de Brushi (2007), de forma ordenada y lógica la cual se presenta en la **Figura 1**. A continuación se explica en forma detallada cada una de las etapas desarrolladas en la metodología que se adoptó.

Figura 1. Diagrama de flujo que muestra la Metodología desarrollada en el estudio del Itinerario Geológico.



3.1 FASE DE RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS DEL ESTADO DEL ARTE.

Consiste en la recopilación y análisis de la información bibliocartográfica publicada por el IGAC, INGEOMINAS, UIS, Gobernación de Santander, y demás instituciones en general que han realizado estudios relacionados con el área de estudio. También se consultaron publicaciones acerca de itinerarios realizados a nivel regional en otros países y se revisaron otros reportes técnicos asociados.

3.2 FASE DE CAMPO

La fase de campo se desarrolló en el área comprendida por los Municipios de Bucaramanga, Floridablanca y Girón. Inicialmente se realizó un recorrido de reconocimiento del área de estudio a fin de definir sitios de interés geológico, así como la ruta geológica a recorrer, la cual puede incluir en ocasiones caminatas cortas de hasta 5 minutos desde la ruta principal hasta alcanzar el punto de interés. Posteriormente, se llevó a cabo la correspondiente caracterización geológica de los sitios de interés ya sean litológicas, estratigráficas, estructurales, geomorfológicas, etc., documentando cada sitio por medio de fotografías y esquemas explicativos, que permitieron no solo reconocer estas características sino también la interpretación de los procesos geológicos que han modelado la región.

3.3 FASE DE OFICINA.

En esta fase se analizó todo el material recolectado en campo, como encuestas realizadas a expertos, la información tomada en la salida de reconocimiento y la recopilada en el levantamiento de cada LIG con la caracterización de los rasgos geomorfológicos, estratigráficos y estructurales.

El procesamiento de las muestras de roca se realizó sólo a nivel macroscópico, determinando su carácter textural y composicional y el cual se incluye en la segunda parte de este libro dentro de su correspondiente LIG e individualmente en el Anexo 4. Además la caracterización geológica permitió identificar los tipos de litologías presentes a lo largo de la ruta, en la que en ciertos casos fueron visibles algunos rasgos del abanico de Bucaramanga.

Dentro de la Fase de Oficina, también se llevó a cabo un proceso de depuración de la información que dió como resultado la lista final de LIG`s para el inventario, en el que se tuvo en cuenta categorías como litología, geomorfología, estratigrafía y geología estructural. Además se incluyeron criterios de valor intrínseco, potencial de uso y grado de amenaza, propuesto por Bruschi (2007). También se incluyen encuestas realizadas a expertos que constituyen un gran aporte a esta investigación.

3.3.1 Identificación. Se realizaron salidas de reconocimiento de la ruta en la que se sugirieron algunos LIG`s. Posteriormente se llevó a cabo las encuestas a un grupo de geólogos expertos y conocedores del área de estudio, sobre los lugares que debían resaltarse como de interés geológico que ameritan ser mostradas como patrimonio geológico (Ver Anexo 1); estas encuestas se formularon de tal modo que involucrara una labor múltiple como lo fue proponer, valorar, evaluar, catalogar y clasificar en un solo formato, que puede explicarse de la siguiente manera:

- a) Proponer lugares que estén sobre la ruta que representen interés geológico de cualquier tipo, ya sea paleontológico, geomorfológico, estructural, estratigráfico, mineralógico, etc.
- b) La Valoración de cada sitio, dando un valor cuantitativo con base en criterios definidos, dependiendo de su importancia en cuanto a la calidad de la información que se pudiera obtener.

- c) La Evaluación de cada LIG realizada con base en la calificación de cada criterio definido en la valoración.
- d) La Clasificación realizada mediante una jerarquía según el concepto geológico para resaltar en cada LIG.
- e) La Catalogación que permitió hacer una medida de la trascendencia del aspecto observado respecto a otros y su relevancia en diferentes escalas de observación.

3.3.2 Selección de Parámetros y Valoración. En el proceso de selección y valoración, se tuvo en cuenta algunos parámetros que obligatoriamente incluyen a la sociedad en general, pensando en buscar un equilibrio entre la comunidad (salud, educación y economía), sus expectativas, el bienestar de ellos, espacios geológicamente preservables o recuperables, vinculando parámetros como lo son la rareza, accesibilidad (teniendo en cuenta que hay lugares que se encuentran dentro del área de estudio pero representan inseguridad para los visitantes sobre todo por problemas de delincuencia común), interés de cada lugar, la localización, lo didáctico, el estado de conservación, interrelación con otros procesos geológicos, refiriéndose a la cantidad de procesos que se pueden encontrar en un solo LIG y cómo están relacionados, complejidad del significado, tamaño (dimensiones), el interés científico, si es un buen ejemplo de procesos, variedad de elementos encontrados y el grado de conocimiento, refiriéndose con este a qué tanto se sabe o se ha publicado del lugar en particular.

Dichos parámetros fueron escogidos en consenso previamente con el codirector y director de esta tesis, tanto para la encuesta como para los LIG's que resultaron de la salida de reconocimiento del área y de la salida de campo.

A continuación en la **tabla 1** se resumen dichos parámetros:

Tabla 1. Parámetros evaluados para la selección de los LIG`s. Modificado de Bruschi (2007).

PARÁMETROS	CÓDIGO
Rareza	RAR
Accesibilidad	ACC
Interés	INT
Localización	L
Didáctico	D
Estado de Conservación	EST_CON
Interrelación con otros Procesos Geológicos	INT_OTROS_PROC
Complejidad del Significado	COMP_SIGN
Tamaño, Dimensiones	T
Interés Científico	IC
Buen Ejemplo de Procesos	EJ_PRO
Variedad de Elementos	V_EL
Grado de Conocimiento	CONO
Otro	

3.3.3 Jerarquización y Catalogación. Este proceso se realizó con base en la evaluación de cada parámetro, la importancia de cada lugar y el número de veces que fue referido por los expertos que en cuyo caso y por su experiencia creen aportar mayor información y ser más didácticos en el momento de darlos a conocer y estudiar.

3.4 FASE DE INTEGRACIÓN DE LA INFORMACIÓN

En esta fase se integra los resultados obtenidos en las fases anteriormente mencionadas, para compararlos con la geología existente del área de estudio y así dar a conocer con más detalle y de una forma más didáctica los procesos modeladores del paisaje identificados en cada sitio de interés, poder interpretarlos y resaltarlos teniendo en cuenta los conceptos de patrimonio geológico y geodiversidad, plasmándolo en el resultado final que es el *Itinerario Geológico de Área Metropolitana de Bucaramanga*.

4. FUNDAMENTO TEÓRICO

4.1 PATRIMONIO GEOLÓGICO Y GEODIVERSIDAD

A nivel mundial existe una preocupación por estudiar, entender, conocer y finalmente proteger los recursos naturales no renovables que muestran una explicación de formación y modelado a través del tiempo, para lo cual es necesario crear conciencia de la importancia de conservarlos por medio de legislaciones que se enfoquen en el medio ambiente y que fomenten una cultura de cuidado de su patrimonio geológico que hasta el momento, han sido escasos los esfuerzos en esta materia en el país. Para llevar a cabo esto, se hace referencia a unos conceptos relacionados con el patrimonio geológico y la geodiversidad en los cuales se basa este estudio.

4.1.1 Patrimonio Geológico. El patrimonio geológico se refiere a *aquellos recursos naturales originados por procesos geológicos con valor científico, cultural y/o educativo, ya sean formaciones y estructuras geológicas, formas del terreno, minerales, rocas, meteoritos, fósiles, suelos y otras manifestaciones geológicas que permiten conocer, estudiar e interpretar: a) el origen y evolución de la Tierra, b) los procesos que la han modelado, c) los climas y paisajes del pasado y presente y d) el origen y evolución de la vida* (BOE, 2007). El geólogo es el profesional capacitado para inventariar y valorar el carácter patrimonial (Díez et al., 2011)

Es el conjunto de objetos y sitios de interés geomorfológicos pertenecientes a la memoria de la Tierra, y que no son patrimonio de países individuales, sino de toda la humanidad y de todas las formas vivientes (Molina y Mercado, 1999).

Es una red de afloramientos geológicos, formas y procesos bien conservados para fines científicos, educativos, culturales y estéticos, siendo deber de la comunidad geológica internacional y del mundo entero, preservarlos y promocionarlos (Theodossiou-Drandaki, 2000). También relaciona el patrimonio geológico y su importancia con la sociedad de tal manera que expresa “La geología es una ciencia que narra y explica la larga historia de nuestro planeta y la remota historia del origen del hombre. Durante este periodo de tiempo el planeta ha experimentado complejos fenómenos geológicos, como resultado de fuerzas endógenas y exógenas. Estos fenómenos cambiaron la estructura y superficie de la Tierra, dando lugar a una variedad de rasgos geomorfológicos y de formaciones geológicas que no solo son diferentes en cada lugar, sino que lugar, sino que además cambian con el tiempo. Algunos de estos elementos son representativos de la larga historia geológica del planeta. Estos lugares constituyen el patrimonio geológico-geomorfológico”.

El patrimonio geológico es una parte importante del patrimonio natural de un sitio y posee valor por sí mismo, por lo que debe ser conservado. Muchos elementos geológicos poseen interés científico y/o didáctico, que los hace singulares y destacar del resto. Involucra a todos los recursos naturales no renovables (formaciones rocosas, estructuras, formas, paisajes, yacimientos minerales y paleontológicos) que posean un valor científico, cultural, educativo, paisajístico y recreativo y cuyo contenido permita estudiar e interpretar la evolución de la historia geológica de la Tierra. La definición de patrimonio geológico, quizás más precisa y aceptada es “conjunto de elementos geológicos, cuyo valor geológico les hace destacar del entorno circundante por su interés científico, cultural y/o educativo, tales como formaciones y estructuras geológicas, paisajes geomorfológicos, yacimientos paleontológicos y mineralógicos, suelos, y otras manifestaciones geológicas de significativo valor para reconocer, estudiar e interpretar el origen y evolución de la Tierra, los procesos que la han modelado, los climas y paisajes del pasado y presente, y el origen y evolución de la vida” (Carcavilla et al., 2008).

4.1.2 Geodiversidad. Según la LEY 42/2007, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad Española, (BOE, 14 de Diciembre) la geodiversidad se define como: *“Variedad de elementos geológicos, incluidos rocas, minerales, fósiles, suelos, formas del relieve, formaciones y unidades geológicas y paisajes que son el producto y registro de la evolución de la Tierra”*

Actualmente no existe una definición única de geodiversidad, la definición varía según se considere un contexto legal o un contexto científico (Santos & Apoita, 2009). La Geodiversidad en el contexto geológico, es entendida como *la variedad de rasgos geológicos presentes en un lugar, identificados tras considerar su frecuencia, distribución y cómo éstos ilustran la evolución geológica del mismo* (Carcavilla et al., 2007). Sin embargo, existen conceptos más detallados que la definen como *“la variabilidad de la naturaleza abiótica, incluidos los elementos litológicos, tectónicos, geomorfológicos, edáficos, hidrológicos, topográficos y los procesos físicos sobre la superficie terrestre y los mares y océanos, junto a sistemas generados por procesos naturales, endógenos y exógenos, y antrópicos, que comprende la diversidad de partículas, elementos y lugares”* (Serrano & Ruiz-Flaño, 2007).

El estudio del patrimonio geológico es independiente de la geodiversidad, aunque ambos presentan cierta relación. Dentro del concepto de patrimonio geológico y geodiversidad, una parte fundamental en su inventario, catalogación, divulgación y protección, involucra los lugares de interés geológicos (LIG`s) que son considerados importantes porque se pueden destacar con respecto a otros lugares y proporcionan información básica para conocer nuestra historia y la del planeta (Leynaud, 2002). Estos sitios de interés geológico son según Leynaud (2002), *las áreas que muestran una o varias características consideradas de importancia dentro de la historia geológica de una región natural*. Su exposición y contenido resulta especialmente adecuado para reconocer e interpretar las características y la evolución de los procesos geológicos que han modelado nuestro planeta. La

identificación de estos sitios permite su utilización en actividades que trascienden el quehacer geológico y se convierte en un recurso valioso en el desarrollo sostenible en materia ambiental (Gaido, 2007). Los LIG`s o geositios representan una categoría ambiental reconocida a nivel regional y se refieren a *"una localidad, área o territorio en la cual es posible definir un interés geológico-geomorfológico para la conservación"* (Wimbledon, W., 1995). Incluye formas de particular importancia por la rareza o representatividad geológica, por su interés científico, su valor didáctico, su importancia paisajística y su interés histórico - cultural.

El patrimonio geológico puede involucrarse dentro de otros aspectos como recurso económico (georrecurso) en el cual se planean estrategias de desarrollo sostenible (geoturismo), especialmente en los espacios naturales protegidos (Villalobos, 2001). El término georrecurso amplía el horizonte de definición respecto al de patrimonio geológico y se relaciona íntimamente con el de geodiversidad: una mayor geodiversidad en un territorio va a proporcionar, sin duda, un mayor elenco de georrecursos potencialmente aprovechables en el mismo (Villalobos *et al.*, 2004). Además, se debe integrar información de sitios que aporten un conocimiento significativo a la comprensión de los distintos procesos geológicos que han tenido lugar a través del tiempo (Martínez, 2008). El término georrecurso cultural podría definirse, como un elemento, conjunto de elementos, lugares o espacios de alto valor geológico que cumplan al menos una de las dos condiciones siguientes (Villalobos, 2001):

- Que tengan un elevado valor científico y/o didáctico y, por tanto, deban ser objeto tanto de una protección adecuada como de una gestión específica (concepto, por tanto, paralelo o, si se quiere, idéntico al de patrimonio geológico).
- Que sean susceptibles de ser utilizados y gestionados como recurso con la finalidad de incrementar la capacidad de atracción global del territorio en el que se ubican y, en consecuencia, de mejorar la calidad de vida de la población de

su entorno. Un georrecurso puede no tener un excepcional valor científico pero sí, una alta potencialidad para una utilización económica, geoturística, por ejemplo.

Para conocer en forma exhaustiva el patrimonio geológico de un área es indispensable realizar inventarios, archivar la información necesaria para su descripción y poder recoger datos de interés para mantener actualizados los inventarios (Dangavs, 2011). Esto se realiza luego de una fase previa a la recolección de datos, donde se estudian otros inventarios elaborados anteriormente sobre “bienes” de distinta índole que puedan ser considerados relevantes, para ser incluidos en el registro. A partir de este registro previo, el inventario de recursos debe estar a cargo de especialistas en las materias correspondientes a los bienes registrados. Por otra parte, los inventarios no sólo deben ser considerados como una fuente de datos, sino que deben utilizarse como una herramienta de ayuda fundamental en la redacción de normas para la protección del patrimonio.

El estudio del patrimonio geológico es útil para la ciencia y para la sociedad: permite identificar la riqueza geológica del territorio y ayuda a enfocar la conservación y divulgación de este patrimonio tanto a público especializado como a la sociedad en general (IGME). Esta divulgación se hace por medio de un itinerario geológico el cual se define como la descripción de un recorrido a través del cual se resalta el conocimiento sobre algunos de los elementos básicos del patrimonio geológico de una región. En la actualidad, ha tomado fuerza la investigación en materia de patrimonio geológico en diferentes partes del mundo como una forma de llegar a las personas para crear conciencia de los aspectos que caracterizan los lugares tanto en el ámbito científico como didáctico y de conocimiento general para llegar a preservarlos. Algunos esfuerzos por generar esta inquietud en la conservación de la riqueza geológica se destaca el proyecto Geosites iniciado por la Unión Internacional de Ciencias Geológicas (IUGS) con

ayuda de la UNESCO promueven la selección de eventos, áreas y características de aspecto global fundamentales para comprender la historia geológica del Planeta y crear una base de datos asociada (IGME). Otros itinerarios realizados a nivel mundial se destacan aquellos con fines didácticos y geoturísticos (Palacio-Suárez 1999; Cobiella-Reguera & Cruz-Gámez, 1999; Alfaro *et al.*, 1999a, b, c; Alfaro *et al.*, 2004a, b; Domingo *et al.*, 2000; García-Ramos *et al.*, 2004a, b; Bastogi *et al.*, 2003; Geremia *et al.*, 2003; Geremia & Massolli-Novelli, 2003; Gregori & Melelli, 2003; Orrú *et al.*, 2003; Savelli *et al.*, 2003). Además de algunos trabajos doctorales como son los de (Romero, 2001), Carcavilla *et al.* (2007) y Bruschi (2007) ha propiciado un importante impulso al desarrollo de aspectos metodológicos, constituyendo un marco en el que se han basado numerosos inventarios realizados recientemente, referidos tanto al ámbito municipal, comarcal o provincial (Carcavilla, 2009). A nivel de nuestro país, son pocos los esfuerzos en materia de patrimonio geológico y por esto, Castellanos & Ríos (2008), desarrollan un itinerario geológico en el área suroccidental del Macizo de Santander, destacando características geológicas fundamentales en la evolución de nuestro planeta.

A escala más local, este itinerario parte de un buen conocimiento geológico del territorio y se centra en el eje fundamental: la realización del inventario con el cual se busca desarrollar una base para generar una legislación adaptada a las necesidades de la protección del patrimonio geológico poniendo en marcha iniciativas y programas de geoconservación y acciones de divulgación.

5. ANTECEDENTES

La realización de itinerarios geológicos ha tomado gran importancia a nivel mundial iniciando con la UNESCO y la Conferencia General de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, creando la “Convención para la Protección del Patrimonio Mundial Cultural y Natural”, las cuales se comprometen a velar por la conservación y protección del patrimonio universal.

En España, se ha convertido en una práctica muy común y ha sido respaldada por las instituciones geológicas como son el Instituto Geológico y Minero de España (IGME), Sociedad Geológica de España, Sociedad Española para la Defensa del Patrimonio Geológico y Minero (SEDPGYM), Instituto Tecnológico Geominero de España (ITGE), entre otras, las cuales han venido trabajando en el análisis e inventario del patrimonio geológico español desde el siglo XIX pero fue después del siglo XX en los años 70 que tomó mayor importancia aunque tuvo un receso en el cual se realizó el Mapa Geológico Nacional (MAGNA) a partir del año 1989 y desde entonces se han realizado importantes aportes a la metodología para realizar estos estudios como son los de Cendrero (1996), Morales (1996), Morales *et al.* (2002), Elízaga y Palacio (1996), Palacio (2000), Villalobos *et al.* (2004) y García-Cortés (2005) y se han extendido hacia la realización de tesis doctorales (Romero, 2001), Carcavilla *et al.* (2007) y Bruschi (2007), lo que ha llevado a impulsar la práctica de la investigación de la metodología para realizar los inventarios del patrimonio geológico (IGME).

Entre otros trabajos que se han realizado en España para reconocer y exaltar diferentes lugares para incluirlos dentro de su patrimonio, se encuentran los de Corvea *et al.* (2006), quienes realizaron una Guía de Interés Didáctico del Norte de la Comunidad de Madrid, principalmente enfocado en el conocimiento geológico.

Guillén y Del Ramo (2001), escribieron las memorias del congreso “El Patrimonio Geológico: Cultura, Turismo y Medio Ambiente” en España, donde se presentan trabajos de divulgación científica y utilización de los recursos geológicos con fines educativos y/o turísticos.

Diferentes países a nivel mundial han presentado su interés en este tipo de trabajos de investigación. La UNESCO en su deseo de promover el reconocimiento de sitios con importancia geológica que puede enmarcarse dentro del patrimonio de cada país, ha fomentado la creación de Geoparques, un instrumento como los itinerarios e inventarios geológicos para valorar el patrimonio y que en Latinoamérica y el Caribe, países como Argentina, Brasil, Ecuador, Perú, Chile, Costa Rica, Uruguay, Venezuela y Colombia, han desarrollado esta iniciativa la cual también debería incluirse en los planes de ordenamiento territorial de cada uno de estos.

En Venezuela, a través de la Fundación Geoparques de Venezuela (FGDV), la cual se dedica a la investigación y divulgación científica por medio de la creación de Geoparques, involucra la sociedad y comunidades en la generación de conciencia de la preservación y el reconocimiento de la naturaleza dentro del marco de desarrollo sostenible como una estrategia en la economía local. Esta Fundación a través de proyectos, utilizan el Patrimonio Geológico y/o Minero como un recurso turístico de alta calidad ambiental, en cuanto a educación, conservación, investigación científica e inclusión social. Algunos proyectos realizados son los de Kump y López (2007), quienes en su tesis de pregrado, elaboran el Diseño de un Geoparque en la Isla de Cubagua, Estado de Nueva Esparta; López y Sosa (2009), quienes hicieron una revisión de las principales metodologías de inventarios de geodiversidad y la aplicaron al caso de estudio de Chichiviriche de la Costa, estado Vargas en las costas venezolanas; y Velásquez (2011), quien en su tesis evaluó los componentes histórico- culturales, geológicos,

socio ambientales y legales de la Isla de Cubagua, en el estado Nueva Esparta para la práctica del Geoturismo como opción de desarrollo.

A nivel nacional, hasta ahora se empieza a tomar conciencia de esta necesidad de estudiar, entender y preservar el patrimonio geológico el cual es importante en el proceso de evolución del planeta, aunque han sido muy pocas las investigaciones sobre este tema, existen algunas que han sido importantes como el “Proyecto Mugai, Geología, Paleontología y Patrimonio Geológico para Niños” que es una iniciativa de la Sociedad Colombiana de Geología, y que involucra a los niños para que ellos sean gestores del cuidado de su entorno (www.sociedadcolombianadegeología.org). En Antioquia se han adelantado diversos proyectos de reconocimiento y divulgación de la riqueza geológica con un mayor enfoque hacia la recuperación de los lugares degradados por la minería artesanal como son: (1) el estudio realizado en el corregimiento de la Danta en el municipio de Sonsón, Antioquia y el cual buscaba dar a conocer un sitio de interés geológico amenazado por la explotación de mármol de manera artesanal, la situación de orden público y la inconsciencia de los visitantes para así proporcionar otra perspectiva para el aprovechamiento geoturístico; y (2) Cárdenas y Restrepo (2006), proponen la declaración de patrimonio geológico y patrimonio minero a la cuenca carbonífera del suroeste de Antioquia por su gran potencial minero, turístico, científico y pedagógico.

Para el área de estudio, en el Área Metropolitana de Bucaramanga principalmente se ha encaminado todos los esfuerzos a conocer la geología de la zona para solucionar los problemas acaecidos por la erosión, los múltiples deslizamientos y el alto riesgo de sismicidad los cuales han afectado a la población y en general, la parte social y económica de la región. Sin embargo, se han realizado proyectos desde el punto de vista ambiental que permite tener una mayor visión para tomar decisiones en cuanto a los problemas ambientales que se puedan presentar (SIGAM, 2002). Otros proyectos importantes realizados y que pueden ser la base

para el reconocimiento del patrimonio geológico, es el de Microzonificación de Bucaramanga (Convenio entre Gobernación de Santander e INGEOMINAS, 1997 y Convenio CDMB e INGEOMINAS, 2001) y la Evaluación del Riesgo Sísmico del Sistema de Acueducto de Bucaramanga a Partir del Estudio de Microzonificación Sísmica Indicativa De Bucaramanga-Colombia, en los cuales se da a conocer la geología y los riesgos a que está expuesta la población y que pueden ayudar a la toma de decisiones a la hora de mirar el uso del suelo.

Como resultado de la realización de inventarios de patrimonio geológico para obtener un itinerario, se puede decir que no se ha hecho el mayor esfuerzo para llevarlos a cabo. Sin embargo, para otras áreas cercanas al área metropolitana de Bucaramanga. Se han realizado itinerarios para el área de Pescadero haciendo referencia al patrimonio geológico del Macizo de Santander que a partir de lo que hoy lo constituye, se convierte en una gran huella de la evolución de la tierra y que puede ser explotable para el conocimiento científico (Ríos, C. y Castellanos, O.). Otro trabajo cercano realizado es para la región de Vetás, Santander, este se centra en resaltar la metodología para la realización de un inventario del patrimonio geológico de esta región haciendo énfasis en los rasgos geomorfológicos que muestran la evolución del glaciar y sus huellas en el área de estudio (Colegial, J. D., Piscioti, G., Uribe, E.,).

Se puede observar en la **tabla 2** un breve resumen de otros trabajos realizados a nivel mundial y que han hecho sus aportes en el desarrollo de itinerarios geológicos.

Tabla 2. Resumen de trabajos a nivel mundial sobre Itinerarios Geológicos.

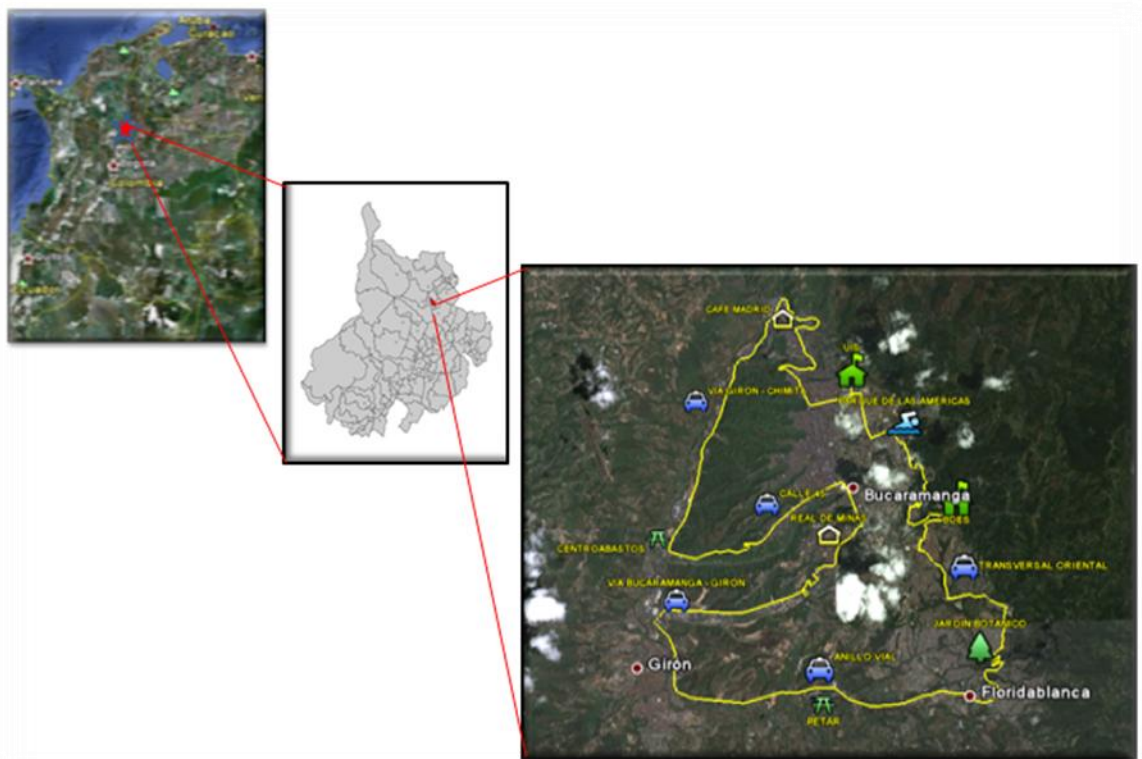
AUTOR	TRABAJO	AÑO	PAIS /CIUDAD
Díaz, Rodríguez	Itinerario geológico por la pedriza manzanares. Guía de la excursión	2009	España
Díaz, Rodríguez	Itinerario geológico en la provincia de Madrid	2008	España
Castellanos y Ríos.	Itinerario geológico del basamento cristalino de la región suroccidental del Macizo de Santander	2005	Santander Colombia
Enrique Díaz Martínez	Itinerario geológico por el norte de la comunidad de Madrid	2005	España
Idelfonso Vara García	Itinerario Zamora – Puebla. Aspectos geológicos y ambientales		España
Suarez y Martínez	Itinerarios geológicos de la provincia de Córdoba	1986	Argentina
Ezequiel Ordoñez	Bosquejo geológico de México. Itinerarios geológicos	1986	México
Castaño, López y De Mora	Itinerarios geológicos de la provincia de Alicante: Zona de San Pedro	1984	España
Castaño, López y De Mora	Itinerarios geológicos de la provincia Albacete, Tobarra, Itellin, Minateda, Cacarix, La Celia	1984	España
Barrera y Segura	Itinerarios geológicos en el estado de Michoacán	1927	México

6. INFORMACIÓN GENERAL DEL ÁREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA

6.1 LOCALIZACIÓN

Bucaramanga, capital del departamento de Santander, se encuentra ubicada al noroeste colombiano en medio de la cordillera oriental a los 7° 08' de latitud norte con respecto al Meridiano de Bogotá y 73° 08' de longitud al Oeste de Greenwich (Figura 2).

Figura 2. Localización de la zona de estudio correspondiente al Área Metropolitana de Bucaramanga.



El área de estudio está comprendida por los municipios de Bucaramanga, Floridablanca y Girón. Está limitada al Norte con el municipio de Ríonegro; al Oriente por los municipios de Matanza, Charta, Tona y Piedecuesta; al Sur con el municipio de Piedecuesta; y al Occidente con el municipio de Girón.

Se encuentra limitada por el Norte con el municipio de Ríonegro; por el Oriente con los municipios de Matanza, Charta y Tona; por el Sur con el municipio de Floridablanca y; por el Occidente con el municipio de Girón. El área municipal abarca una extensión de 165 kilómetros cuadrados, con una altura promedio sobre el nivel del mar de 959 m. Su temperatura media es 23°C y su precipitación media anual es de 1.041 mm.

La principal fuente hidrográfica de la región es el río de Oro que recorre la parte sur del área desde Piedecuesta, pasando hacia el occidente por Girón. A este río desemboca el río Suratá y las quebradas La flora, Tona, La Iglesia, Quebrada Seca, Cacique, El Horno, San Isidro, Las Navas, La Rosita, Bucaramanga.

6.2 INFORMACIÓN GEOLÓGICA

En este capítulo se consideran las unidades litoestratigráficas que se encuentran en la ruta designada.

Las rocas más antiguas son del precámbrico, específicamente del proterozoico superior, a las que corresponden rocas metamórficas de alto grado, de paragénesis pelítico, semipelítico y arenáceo; esquistos y cantidades subordinadas de Neis calcáreo, Mármol, Neis horbléndico y Anfibolitas. Dicha formación es el Neis de Bucaramanga, la cual conforma el basamento del Macizo de Santander (**Figura 3**), ubicado al oriente de la ciudad de Bucaramanga (INGEOMINAS, 1973). Intruyendo a la anterior formación se encuentran rocas

ígneas del jurásico inferior a medio, correspondientes a cuarzomonzonita, granito, dioritas y tonalitas.

Figura 3. Panorámica de parte del Macizo de Santander tomada desde el barrio Altos de Pan de Azúcar, en la carrera 50 con calle 53.



También hacen presencia las rocas sedimentarias de la formación Girón (**Figura 4A**) de edad Jurásica y los depósitos que conforman la Formación Bucaramanga (**Figura 4B**) de edad cuaternaria.

Figura 4. A. Formación Girón, afloramiento en el barrio Zapamanga. B. Formación Bucaramanga, frente a CENFER, junto al puente.



6.2.1 Marco Geológico Regional. El nororiente colombiano de Los Andes está relacionado con la interacción de las placas tectónicas Nazca, Caribe y Suramérica, cuyo resultado es la deformación, fracturamiento y levantamiento de las rocas que conforman la cordillera oriental de Colombia.

La evolución de los Andes puede dividirse en tres ciclos principales, en los que la migración se da hacia el oeste de la subducción causando aumento de la corteza oceánica en la margen occidental de Suramérica (Vargas *et al.*, 2002).

- **PRIMER CICLO (Figura 5):** ocurre antes del Precámbrico tardío, durante la orogenia transamazónica dando origen al actual Escudo de la Guayana (Martin 1972; Toussaint, 1993).
- **SEGUNDO CICLO:** ocurre en el Precámbrico tardío al inicio de la apertura del Proto-Atlántico y finaliza este ciclo con la orogenia que formó la serranía ancestral de la cordillera Central y Oriental (Benedetto y Sánchez, 1979).
- **TERCER CICLO:** (Ciclo Orogénico Andino) comienza en el Paleozoico Tardío con el abombamiento de la corteza continental a lo largo del actual valle del río Magdalena. También Norteamérica y Suramérica de África, esto en el Triásico tardío y Jurásico temprano. El mar cubre gran parte de la región Andina norte durante el Cretáceo temprano y posteriormente comienza el ciclo Andino de subducción más largo de la fosa oceánica.

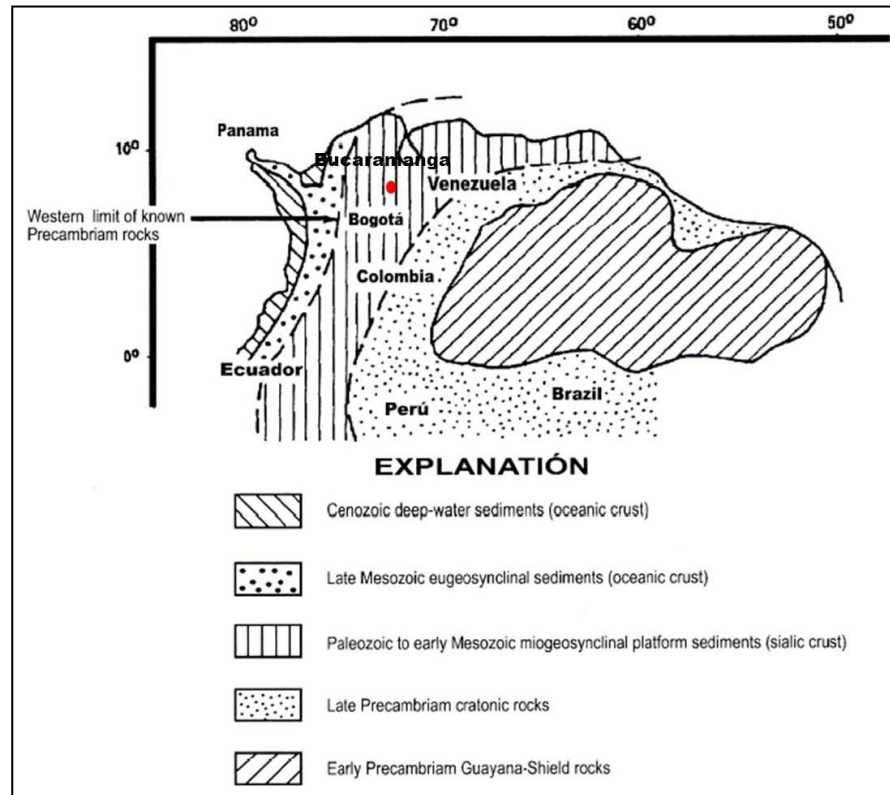
La colisión de América hace 3,5 a 3,1 m.a (Duque y Caro, 1990) interrumpió el régimen de subducción al norte de la unión triple del Darién. Los Andes actuales se levantaron rápidamente y la cadena de volcanes de la actual Cordillera Central inició su formación. Al norte de Bucaramanga, la losa que venía seduciendo desde el Mioceno tardío, continuó moviéndose hacia el este por debajo de los extremos norte de las cordilleras Central y Oriental, y por debajo de la Sierra Nevada de Santa Marta y la Sierra de Perijá.

La Cordillera Oriental desde su inicio al sur de Colombia, se amplía progresivamente hacia el norte y muestra varios estilos estructurales y morfológicos. El segmento sur ($2^{\circ}\text{N} - 3^{\circ}\text{N}$) es una cadena estrecha con relieve moderado. Su segmento central ($3.5^{\circ}\text{N} - 5.5^{\circ}\text{N}$) presenta una importante meseta, la Sabana de Bogotá. Finalmente su segmento norte ($5.5^{\circ}\text{N} - 7.5^{\circ}\text{N}$) el más amplio de todos, con alturas que alcanzan los 5.500 m, está limitado hacia el norte por una falla de rumbo con desplazamiento izquierdo conocida como la falla Santa Marta – Bucaramanga.

El movimiento de rumbo a lo largo de la falla Santa Marta – Bucaramanga es absorbido hacia el sur por fallas inversas que cabalgan en el valle del Magdalena; su estilo estructural evoca una terminación de “horts” hacia el norte (Boinet *et al.*, 1989).

En la región Andina se presenta sismicidad profunda (>80 Km) del Nido de Bucaramanga hacia el este y la sismicidad superficial, intermedia y profunda en la región de Darién en el sector oeste. El Nido Sísmico de Bucaramanga ha sido interpretado como una actividad producto de la profundización del remanente paleo Placa Caribe. (Vargas *et al.*, 2002).

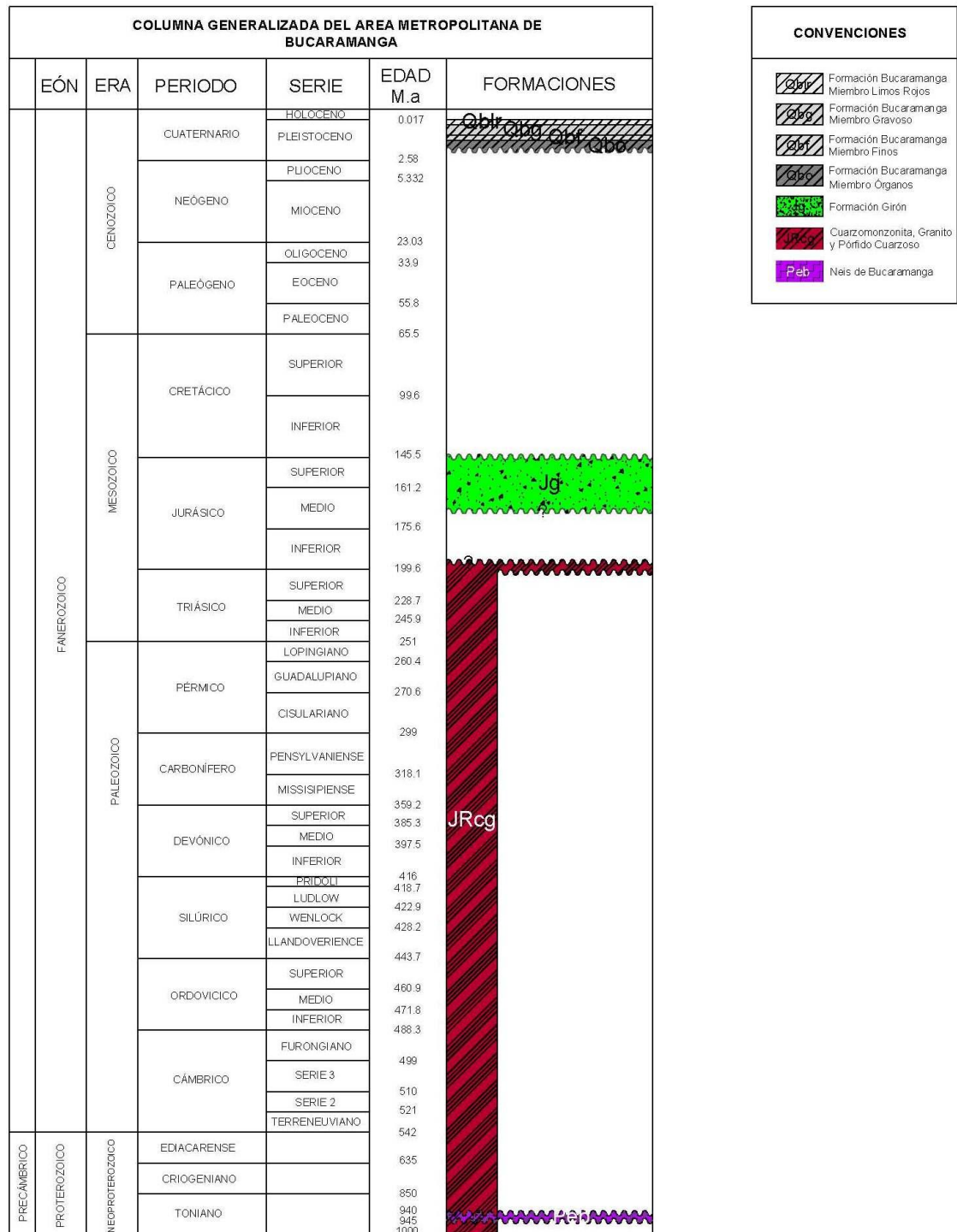
Figura 5. Acreciones continentales en el norte de Suramérica. Tomado de Vargas *et al.*, 2002.



6.3 ESTRATIGRAFÍA.

En el municipio de Bucaramanga afloran rocas metamórficas: Neis de Bucaramanga y Formación Silgará; ígneas: Diorita y Tonalita del área del río Suratá, Cuarzomonzonita de La Corcova, Cuarzomonzonita, Granito y Pórfido Cuarzoso; y sedimentarias: Formaciones Jordán, Girón y Bucaramanga. Las cuales sólo se explican a detalle las que componen el área de estudio y que se muestran en la **Figura 6**.

Figura 6. Columna estratigráfica generalizada del área de estudio.



6.3.1 Rocas Metamórficas

- **Neis De Bucaramanga.** Se localiza al oriente del sistema de fallas Bucaramanga-Santa Marta, siendo su límite occidental fallado en dirección N30°W (Mancera y Salamanca, 1993), con una ancha zona de contacto con el batolito de Rionegro. Hacia el noreste está cubierta por rocas metamórficas de más bajo grado de la formación Silgará. Corresponde a una secuencia estratificada de rocas metasedimentarias de alto grado, de paragénesis pelítico, semipelítico y granáceo, esquistos y cantidades subordinadas de Neis calcáreo, mármol, Neis horblendico y anfibolitas, (Ward, Goldsmith, 1973).

Esta unidad consta de rocas metamórficas de alto grado, con fábrica orientada y textura gruesa a media. Se encuentran dos tipos de neis: Uno de color blanco a rosado, con plagioclasa, cuarzo y feldespato potásico (Chaparro y Guerrero, 1991). Incluye dos zonas de migmatitas de dos tipos; una corresponde a un paraneis mezclado con rocas graníticas néisicas y en el segundo ambos están en cortados por muchas masas de granito no foliado de edad más joven.

Se considera como localidad tipo el frente montañoso del este de la ciudad de Bucaramanga (Ward, Goldsmith, 1973), Figura 7.

Figura 7. Afloramiento del Neis de Bucaramanga.

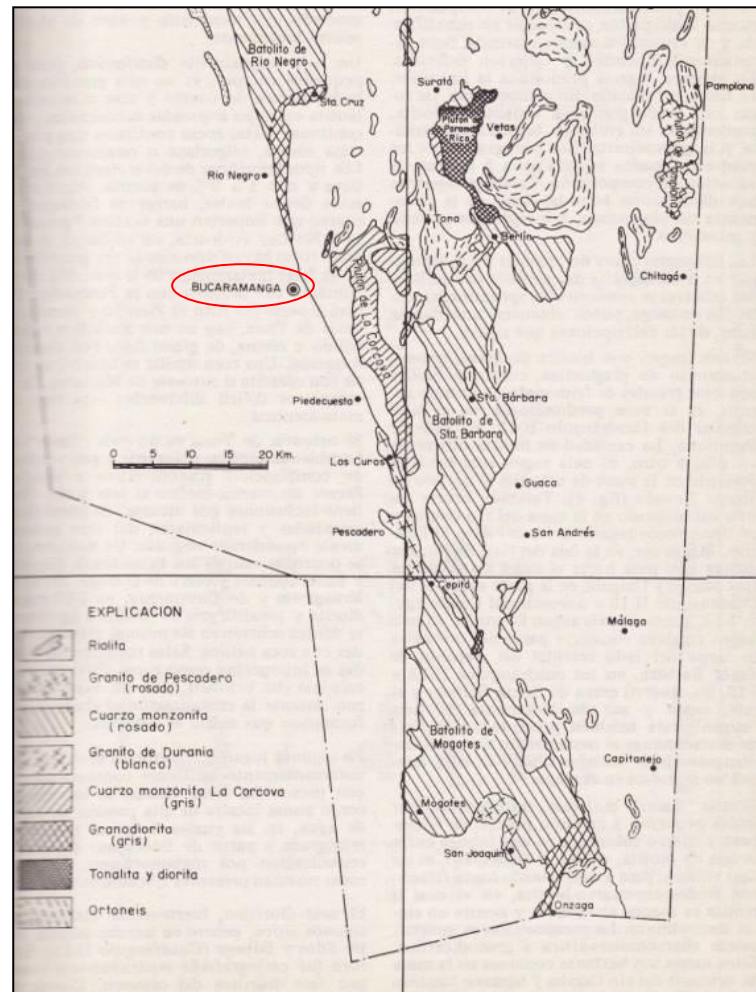


6.3.2 Rocas Ígneas. A lo largo del Macizo de Santander se encuentran rocas ígneas (**Figura 8**) que varían de Dioritas a Granitos, a este grupo de rocas se les da el nombre de Grupo Plutónico de Santander. El cual se divide en dos series:

1. Granito rosado y Cuarzomonzonita
2. Cuarzomonzonita gris y Granodiorita

Ambos grupos corresponden al Jurásico y Jura-Triásico (Ward, Goldsmith, 1973).

Figura 8. Distribución de las rocas ígneas en la mitad del sur de la Zona III del Inventario Minero Nacional, Colombia. Tomado de Ward, Goldsmith, 1973.



- **Cuarzomonzonita, Granito y Pórfido Cuarzoso.** Esta unidad aflora en el sector oriental de los barrios Álvarez, Cabecera y el conjunto residencial Montearroyo, en Bucaramanga. Cuerpos ígneos de Granito y Cuarzomonzonita (**Figura 9**) aparecen junto con el Neis de Bucaramanga. La geomorfología es similar a la del Neis de Bucaramanga, reconociéndose lomos, escarpes y depósitos de ladera asociados. Son rocas de grano grueso, inequigranular, de color rosado, naranja y gris violáceo, con textura hipidiomórfica. La oligoclasa y albita se presentan ligeramente zonadas, subtabulares y equidimensionales. En la parte más oriental del sistema de fallas Bucaramanga – Santa Marta, estos cuerpos ígneos tienden a desaparecer y en sectores, como el sur de Morrorico, donde es complicado cartografiar por separado al Neis de Bucaramanga y al cuerpo ígneo ya que se presenta como diques (GEOMINAS, 2001).

Figura 9. Contacto intrusivo entre el Granito y la Cuarzomonzonita con venas de cuarzo de tipo hidrotermal. Foto cortesía de Torres, 2009.



6.3.3 Rocas Sedimentarias

- **Formación Girón.** Esta formación presenta características similares a la formación Jordán, a esta formación la separa el Macizo de Santander el sistema de fallas Bucaramanga – Santa Marta.

Estratigráficamente infrayace a la formación Tambor y suprayace la formación Jordán. En el margen izquierdo del río de Oro, se muestran las mayores exposiciones, en el cerro de Palonegro, sobre la vía al aeropuerto. Morfológicamente corresponde a escarpes fuertes, colinas y cerros aislados.

En la sección tipo, Cediel (1968) le midió un total de 4650 m; la dividió en siete facies litológicas que, en general, están constituidas de areniscas de grano grueso, con intercalaciones de areniscas conglomeráticas y capas rojas interestratificadas de limolitas y arcillolitas, en estratos hasta de 1 m de espesor, areniscas de grano grueso, conglomeráticas, gris claro, con estratificación cruzada y areniscas rojizas, de grano medio a grueso. Las capas conglomeráticas contiene guijos de cuarzo y de calizas hasta de 4 cm de diámetro (GEOMINAS, 2001).

Figura 10. Afloramiento de la Formación Girón, ubicado en la vía antigua a Floridablanca al frente del Colegio Metropolitano del sur.



- **Formación Bucaramanga.** Esta formación descrita inicialmente por De Porta (1958), describe un importante depósito sedimentario de edad Cuaternaria que morfológicamente corresponde a un abanico aluvial erosionado, posiblemente asociado en su mayor parte al río Surata, acumulado sobre una depresión de origen tectónico, sobre el cual se ubica el casco urbano de la ciudad de Bucaramanga. De acuerdo con la granulometría, morfología, agentes de transporte y fuentes de los materiales, esta unidad se acumuló en un ambiente típicamente fluvial, donde alternan materiales de origen aluvial tipo cono de deyección, flujos de escombros, canal y lagunar. (INGEOMINAS, 2001).

La formación Bucaramanga, se puede subdividir de base a techo según Hubach (1952) y Niño y Vargas (1993), en los siguientes miembros: miembro Órganos (Qbo), miembro Finos (Qbf), miembro Gravoso (Qbg) y miembro Limos Rojos (Qblr).

Miembro Órganos. Descrita por Hubach, 1952, (**Figura 11**) indicando que los niveles de aspecto “conglomerático” conforman depósitos de gravas y bloques, débilmente consolidados, clastosoportados (60%) y grano soportados (40%), dispuestos en forma de capas gruesas a muy gruesas, con espesores hasta de 15 m. El tamaño de los cantos varía entre 10 y 30 cm, alcanzando bloques mayores de 1 metro de diámetro. Estos se componen en su mayoría de areniscas silíceas de grano medio, bien cementadas y en menor proporción de fragmentos de rocas ígneas ácidas de textura fanerítica, neis micáceo de color amarillo a rosado, areniscas lodosas rojizas de grano fino y alto contenido de micas, cuarzo lechoso, lilitas y cherts. Todos los fragmentos tienen formas redondeadas a sub redondeadas, esfericidad baja a media y mala selección. Los niveles gravosos presentan matriz arcillosa, pardo amarillento, con algunas variaciones a gris amarillento. Los feldespatos en las rocas se encuentran moderadamente meteorizados.

Los niveles finos corresponden a arcillas arenosas y arenas arcillosas compactas, de consistencia firme, ligeramente micáceas, con trazas de materia orgánica. Su origen se relaciona con depósitos cíclicos intercanales. Con mayor espesor de limos arenosos están en la base, explicando largos periodos de retrabajamiento, bajo un régimen fluvial constante. El predominio de lentes hacia la parte superior y los contactos irregulares podrían indicar periodos de erosión por corrientes intermitentes (Bueno y Solarte, 1994). El ambiente de depositación de este miembro se relaciona con flujos de escombros y flujos torrenciales, e interdigitación de facies de corrientes de canal, correspondiendo a la parte proximal y media del Abanico de Bucaramanga.

Figura 11. Afloramiento correspondiente al Miembro Órganos de la Formación Bucaramanga, en la vía el Anillo Vial de Floridablanca a Girón.



Miembro Finos. Se muestra como una capa lenticular horizontal, más o menos continua, de unos 15 m de espesor promedio, donde alternan niveles arcillosos, limoarenosos y arenolimosos, de colores gris verdosos (**Figura 12**). La geometría de sus niveles es tabular a lenticular, con espesores que oscilan entre 5 y 40 cm, de estratificación plana paralela, cruzada y ondulosa. Este se puede subdividir en:

- 1) Conjunto Arcilloso: está en la base, se caracteriza por ser arcillo-limoso, masivo, de colores grises a verdes, con estratificación plana paralela, en donde el espesor varía ampliamente.
- 2) Conjunto Arenoso: está en el techo, donde muestra una alternancia de niveles arenolimosos con niveles limoarenosos arcósicos de colores amarillento a pardo

amarillento. Hacia la base de este conjunto predominan costras y un nivel arcilloso pardo oscuro.

Figura 12. Afloramiento correspondiente al Miembro Finos de la Formación Bucaramanga, ubicado sobre la Transversal Metropolitana junto al Parque Sol de los Estoraques.



Miembro Gravoso. Presenta niveles gravosos, gravoarenosos y gravolodosos. Los cantos son, en su mayor parte, tamaño grava de diámetro promedio 15 cm y bloques de roca, en menor cantidad, hasta de 0,8 m de diámetro, subangulares a subredondeados, en matriz areno-arcillo-limosa, color pardo rojizo, rojizo y ocre pálido; en general el depósito es matriz soportado, aunque localmente se presenta clasto soportado (**Figura 13**).

Los cantos están compuestos en su mayor parte por rocas metamórficas-ígneas del Macizo de Santander, y areniscas cuarzosas, areniscas limosas y limolitas moradas de las Formaciones Girón y Jordán. La matriz, por su parte, es de composición cuarzo-feldespática micácea (cuarzo, plagioclasa, láminas de muscovita), de consistencia media y de baja cohesión. (Niño y Vargas, 1992).

Figura 13. Afloramiento correspondiente a los Miembros Gravoso de la Formación Bucaramanga, encontrado a 10m del conjunto residencial Plazuela Real, en el costado norte de la Transversal Metropolitana.



Miembro Limos Rojos. Definido por Julivert (1963). Está constituido por arenas arcillosas gravosas y limos de colores rojizos, amarillentos y naranjas (**Figura 14**). 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

Figura 14. Afloramiento correspondiente al Miembro Limos Rojos de la Formación Bucaramanga a 10 m del conjunto residencial Plazuela Real, en el costado norte de la Transversal Metropolitana. Se observa el contacto con el infrayacente Miembro Gravoso.

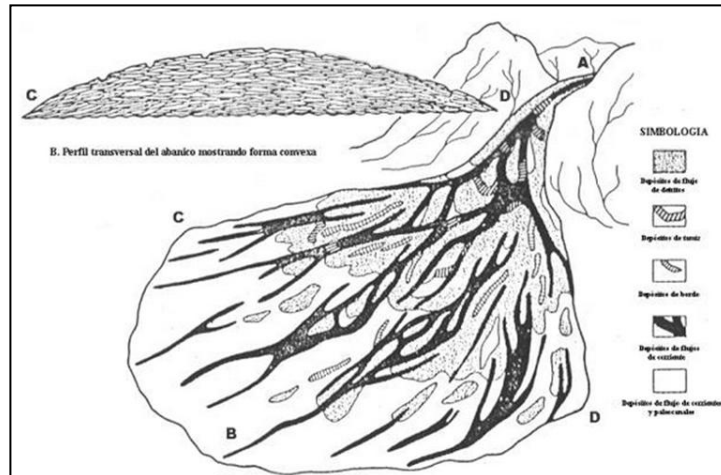


6.4 GEOMORFOLOGÍA

Geomorfológicamente la ciudad de Bucaramanga se encuentra sobre un gran abanico aluvial (**Figura 15**). Este tipo de cuerpo sedimentario de acumulación, originado básicamente por la súbita pérdida de competencia, a causa de una expansión del flujo y disminución del gradiente, que ocurre cuando los cursos fluviales emergen desde el frente montañoso (Benado, Garat, 2010).

El tamaño es controlado ampliamente por la extensión de su cuenca hidrográfica, aunque la naturaleza litológica del área fuente y el clima son factores importantes. En el abanico las corrientes son canales radiales a partir del ápice y disectan la superficie (Vargas y Niño, 1992).

Figura 15. Esquema representativo del abanico de Bucaramanga. Tomado de Niño y Vargas 1992.



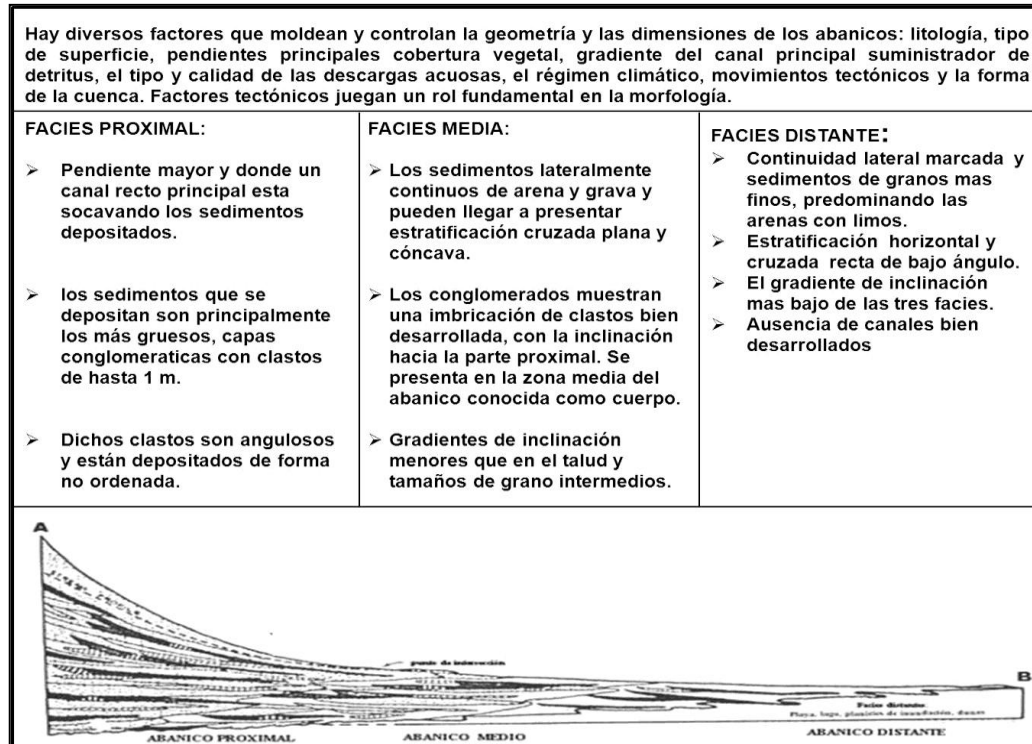
La morfología de los abanicos puede ser dividida en tres facies y se muestran en la **Figura 16**:

- **Facies Proximales:** estas son depositadas en la parte superior o interior del abanico cerca al área de emergencia de la corriente y contiene depósitos de

grano grueso de un único canal principal (en algunos abanicos pueden haber dos o tres) que es generalmente amplio y profundo a través del cual pasan todos los sedimentos depositados sobre el abanico; acá también se presentan canales marginales de grano fino y depósitos de intercanales.

- Facies Media: comprende un área mayor de muchos abanicos y consiste en pequeños canales distributarios radiales hacia afuera; cientos de canales pueden presentarse sobre la superficie del abanico pero la mayoría son inactivos por extensos periodos y ocasionalmente se trasladan lateralmente; estos canales son amplios, no tan profundos, son sitios de rápida sedimentación y están comúnmente trenzados.
- Facies Distal: se caracteriza por no estar bien preservada en zonas áridas, consta de depósitos laminares de grano fino; son sedimentos exteriores del abanico no canalizados o menos canalizados; en esta parte del abanico los flujos emergen a partir de los canales y son extendidos fuera (depósitos de mantos) de alguna manera; geométricamente análogos a lenguas deltaicas y barras (Vargas y Niño, 1992).

Figura 16. Perfil de un tramo del abanico de Bucaramanga, Tomado de Niño y Vargas 1992. Y descripción de cada una de las facies, proximal, media y distante. Tomado de Bueno y Solarte 1994.



En este caso el abanico de Bucaramanga ocupa el área comprendida entre la plataforma de Lebrija al W y NW, el Macizo de Santander al NE y la Mesa de Ruitoque al SE. El área así delimitada tiene una forma tipo romboidal, con una prolongación hacia el S por la región de Chocóa. Su extensión es de 130 Km². Es la forma del terreno más representativa en el área y donde más del 80% de la ciudad ha sido construida. El abanico tiene una pendiente más amplia y uniforme, pero en su lado más occidental algunas partes del abanico parecen tener una ligera inclinación hacia el oriente, debido a su levantamiento diferencial. Sin embargo, este fue ocultado por el desarrollo urbanístico (INGEOMINAS, 2001).

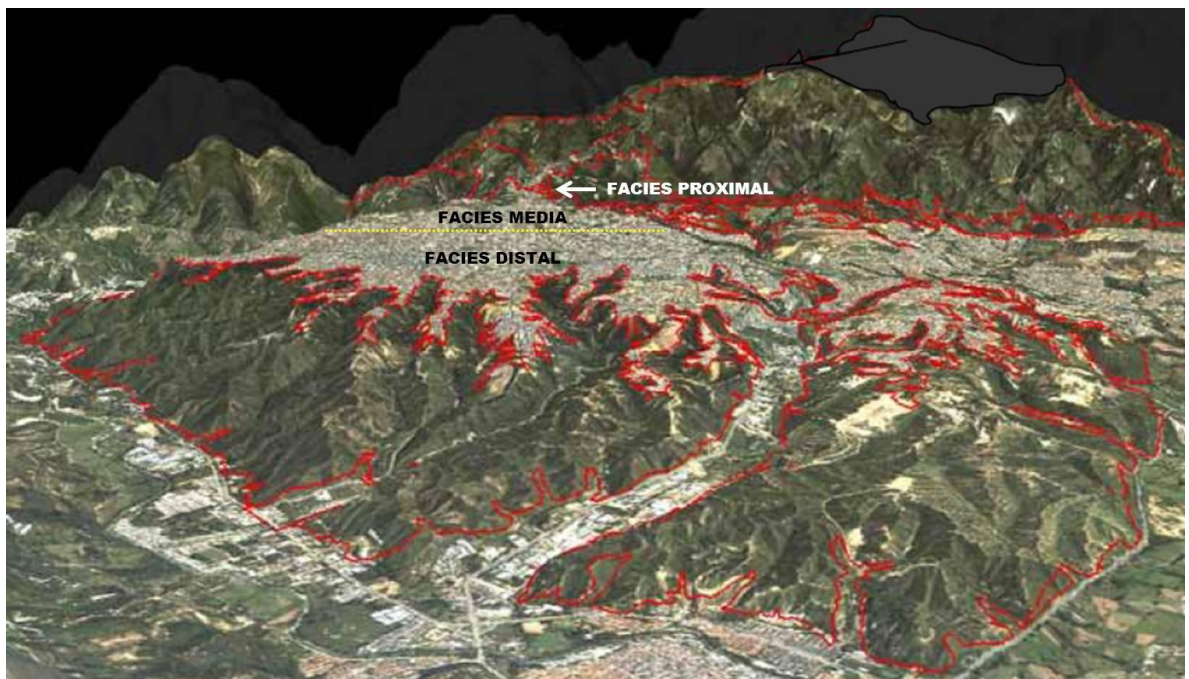
La morfología del abanico aluvial de Bucaramanga está indicando una importante actividad tectónica durante el Pleistoceno debido a que su forma refleja tasas de

variación de procesos tectónicos tales como levantamiento de la montaña original o inclinación de la superficie del abanico a lo largo de un amplio rango limitando la falla.

Cuando la tasa de levantamiento del frente de la montaña es relativamente alta comparada con la tasa de disección de la corriente dentro de ésta y la deposición del abanico, entonces la depositación tiende a ocurrir en la cabeza del abanico y el segmento de abanico más joven está próximo al ápice.

La **Figura 17** corresponde a una imagen IKONOS tomada en el 2001 de Bucaramanga donde se puede observar claramente las tres facies de los abanicos, proximal, media y distal, la cual puede ser comparada con el esquema de la figura 15.

Figura 17. IMAGEN IKONOS – 2001, ÁREA – DMI BUCARAMANGA. Tomada del Plan de Manejo del Distrito de Manejo Integrado de los Recursos Naturales de Bucaramanga. CDMB, 2007.



6.5 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

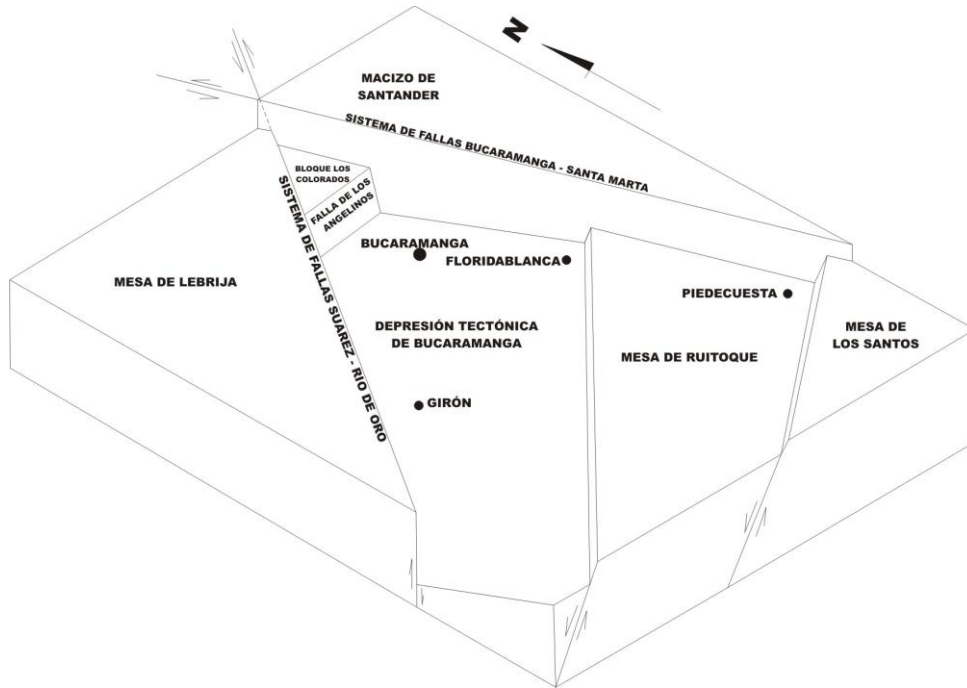
Hay estructuras que afectan al área metropolitana de Bucaramanga, identificadas y cartografiadas con base en rasgos geomorfológicos como son las facetas triangulares alineadas, desplazamiento y alineamiento de drenajes, sillas, entre otros. A su vez, características como capas inclinadas y desplazadas, diaclasamiento, estrías, etc.

Morfológicamente, el ápice del abanico de Bucaramanga actualmente se encuentra desplazado hacia el sur de su punto de origen debido a la acción del sistema de fallas Bucaramanga – Santa Marta indicando actividad tectónica reciente (100 mil a 1 millón de años).

Otro aspecto a resaltar de la actividad tectónica es el ángulo de inclinación, 2 a 3 grados hacia el suroccidente, mostrando procesos erosivos por el levantamiento progresivo del bloque oriental (Macizo de Santander) (Almeida, 2002).

El Área Metropolitana de Bucaramanga está enmarcada dentro de tres bloques tectónicos que se fueron definiendo e individualizando desde el inicio del levantamiento de la Cordillera Oriental, en el cual dos principales sistemas de fallamiento han estado actuando: las fallas de Suárez y Bucaramanga-Santa Marta (**Figura 18**).

Figura 18. Esquema tectónico del Área Metropolitana de Bucaramanga. Tomado de INGEOMINAS 2001 y Niño y Vargas, 1992.



- Bloque Occidental: conformado por rocas sedimentarias del Jurásico (180 a 135 m.a.) donde se ubica el Aeropuerto Palonegro y toda el área de Lebrija.
- Bloque Central: en este se ubica la ciudad de Bucaramanga que ha sido rellenada con depósitos aluviales recientes (730 mil a 1 millón de años) del abanico de Bucaramanga, con un espesor aproximado de 290 m. este bloque ha estado sufriendo alargamiento debido a los cambios en la dirección de los esfuerzos en Colombia desde el Terciario, por lo que algunos autores definen este bloque como una cuenca de tracción o pull – apart - basin.
- Bloque Oriental: está compuesto por rocas ígneas y metamórficas, con edades que van del Precámbrico (más de 600 m.a.) hasta el Paleozoico (500 a 225 m.a.) conformando el llamado Macizo de Santander(Almeida, 2002).

6.5.1 Sistema de Fallas Bucaramanga - Santa Marta. Juego de cinco fallas paralelas distribuidas en una franja de 1.0 a 1.5 Km de ancho, con dirección NNW. Geomorfológica y estructuralmente, son fallas sinextrales de alto ángulo con levantamiento de bloques del este que afectan el Macizo ígneo – metamórfico. El trazo principal de la falla pone en contacto al Macizo con unidades Paleozoicas al norte del río Suratá y al sur con los sedimentos cuaternarios del Abanico de Bucaramanga.

Su longitud cartografiable es de aproximadamente 550 a 600 Km, con rumbo constante NNW.

Woodward-Clyde Consultans (Proyecto Fonce, 1982) reconocen actividad de la falla de Bucaramanga tales como desplazamientos verticales de más de 20 m 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 10 m en la cantera de Cementos Diamante y desplazamiento vertical mayor de 1200 m de las antiguas superficies de erosión Terciarias. (Niño y Vargas, 1992).

De esta falla se encontraron rasgos tales como facetas triangulares, de forma normal y desplazadas y charcas de falla además de algunos lineamientos que se muestran en el esquema de la **Figura 19**.

Figura 19. Fotografía y esquema en el que se muestran algunos rasgos de la falla de Bucaramanga, como lo son la charca de falla, una faceta triangular desplazada y uno de los trazos de esta falla.



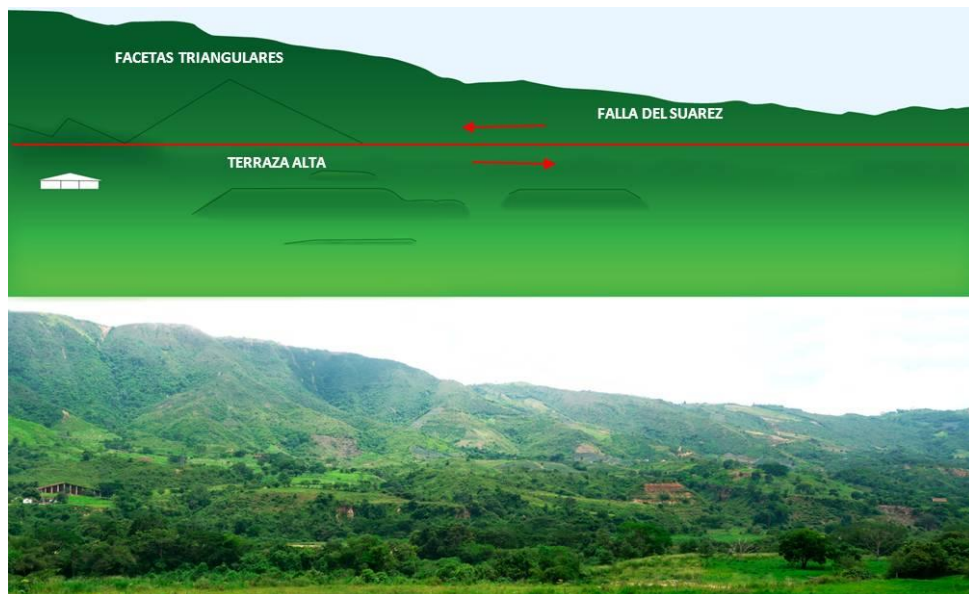
6.5.2 Sistema de Fallas Suárez – Río de Oro (Figura 20). Este es un juego de fallas paralelas situadas al oeste del Río de Oro, con dirección N45/60E, de tipo sinextral inverso, con un plano de falla inclinado 60° - 90° al W-NW. La falla Suárez afecta principalmente a la formación Girón y al norte coloca en contacto esta, con la formación Bocas. La falla del Río de Oro al sureste 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.

Navas (1962) afirma que la falla afecta principalmente a la formación Girón y la falla Río de Oro es una prolongación de la falla Suárez (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) dice que su longitud de 120 Km de dirección N20°E hasta NS y buzando al oeste con valores de 60° hasta la vertical; dicen que la falla es de tipo inverso sinextral y las evidencias son el control direccional de los drenajes, drenajes bloqueados con formación de lagunas en la zona de Girón y desplazamiento vertical de más de 600 m de las antiguas superficies de erosión Terciaria. (Niño, Vargas, 1992).

Figura 20. Fotografía y esquema en el que se muestra facetas triangulares en el extremo occidental de la ciudad en la mesa de Lebrija y el sentido de la falla Suarez.



7. RESULTADOS

El proceso llevado a cabo para la determinación de los Lugares de Interés Geológico (LIG) incluidos dentro de la ruta se realizó por medio de una encuesta (**Anexo 1**) donde los resultados obtenidos se describen a continuación:

7.1 ENCUESTA

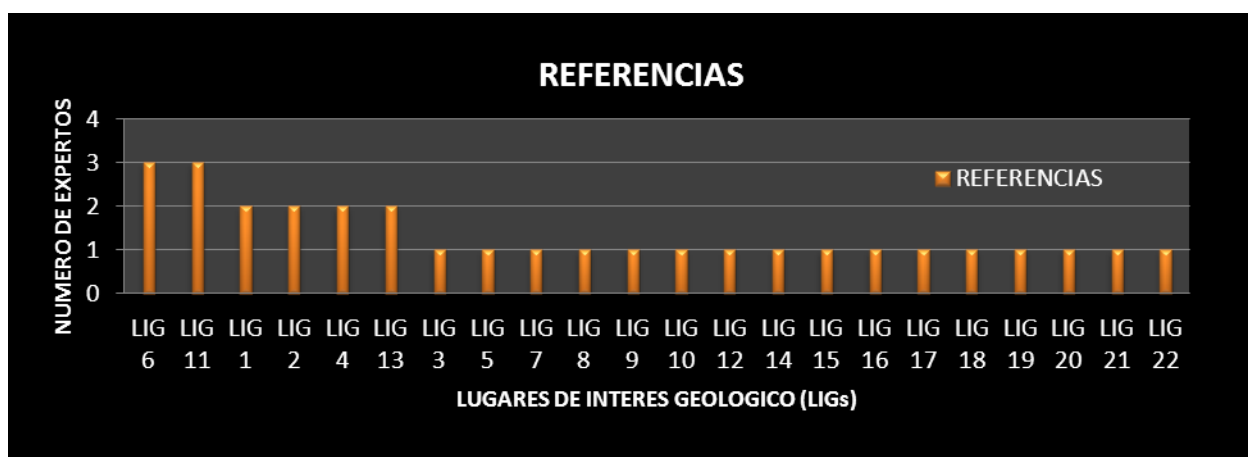
Los puntos de interés geológico relacionados por los expertos del Área Metropolitana mediante su criterio y experiencia, se muestran en la **Tabla 3** y el orden de estos LIGs por las veces que fueron referenciados se observa en la **Figura 21**.

Tabla 3. Lugares de Interés Geológico referenciados por los expertos dentro de la ruta escogida.

No. LIG	SITIO
LIG 1	Sectores erosionados de la escarpa de Bucaramanga
LIG 2	Meseta de Bucaramanga
LIG 3	Pan de Azúcar, Fallas satelitales de la Falla de Bucaramanga
LIG 4	Cerros orientales de Bucaramanga
LIG 5	Terrazas correspondientes al Río Frío y la Quebrada La Iglesia
LIG 6	Lago del Barrio Lagos del Cacique
LIG 7	Sector de Chimitá-Girón, Facetas triangulares de la Falla Suárez
LIG 8	Facies del abanico de Bucaramanga, Vía Ciudadela-Terminal de Transportes
LIG 9	Drenajes de la escarpa occidental
LIG 10	Sector de Chimitá-Girón, El nuevo tierrero
LIG 11	Anillo vial entre Transejes y la PTAR
LIG 12	Universidad de Santander (UDES)
LIG 13	Barrio La Cumbre
LIG 14	Universidad Industrial de Santander (UIS) Borde Norte
LIG 15	Intercambiador del Palenque
LIG 16	Estratos de la Fm. Girón- Carretera Antigua a Floridablanca cerca al Colegio Metropolitano del Sur

LIG 17	Estoraques vía Bucaramanga-Girón
LIG 18	Vía Centroabastos-Café Madrid, contacto Fm. Bucaramanga-Girón
LIG 19	Calle 45
LIG 20	Vía Antigua Floridablanca
LIG 21	UIS-Ciudad Norte-Café Madrid-Chimitá
LIG 22	Vía Real de Minas-Girón

Figura 21. Sitios de Interés Geológico ordenados por número de veces referenciados por los expertos.



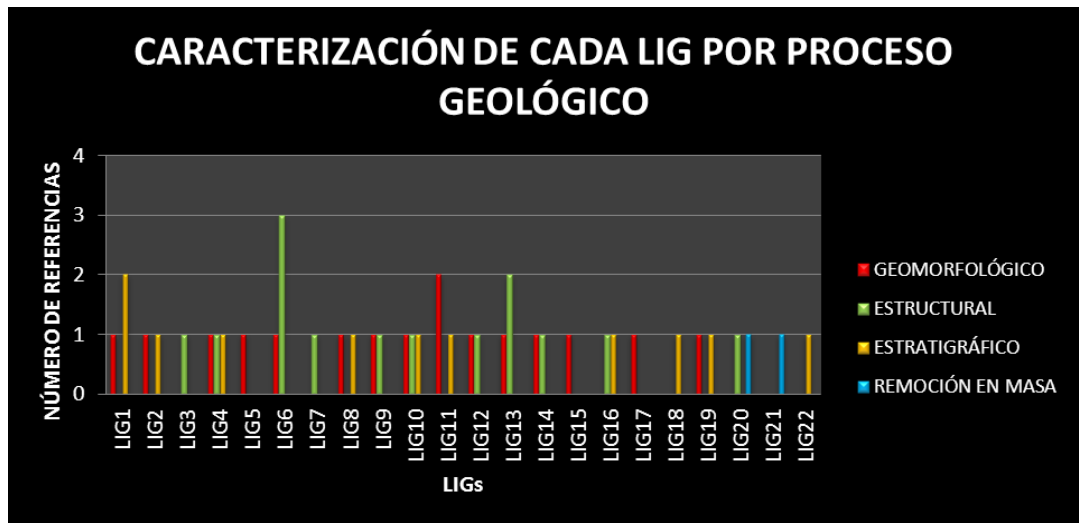
La evaluación de los LIGs por importancia según los expertos se muestra en la **Figura 22**. Los resultados de la organización de estos puntos en importancia, muestran que el LIG 6, que corresponde al Lago ubicado en el Barrio Lagos del Cacique es el más importante y en el cual se puede ver que es uno de los más sugeridos para su estudio. A diferencia del LIG 11 (Anillo Vial) el cual es el otro punto propuesto por varios profesionales y no le dan tanto valor. Sin embargo, se debe tener en cuenta que para este LIG, se referenció toda la vía correspondiente al Anillo Vial y no a un punto específico. Por lo tanto, en el desarrollo de campo, se tomaron varios puntos según el aporte de información e interpretación de los procesos geológicos que intervinieron en la generación de la estructura y modelado.

El análisis realizado para cada LIG por los procesos geológicos que han intervenido en su desarrollo a través del tiempo, se muestra en la **Figura 23** y se observa que el proceso geológico más importante a destacar en la mayoría de los LIGs es el Geomorfológico y el Estructural los cuales involucran los procesos de Remoción en Masa y las evidencias de fallamiento generadas por Sistemas de Falla de Bucaramanga-Santa Marta y la Falla del Suarez.

Figura 22. Sitios de Interés Geológico ordenados por Importancia según el criterio de los expertos.

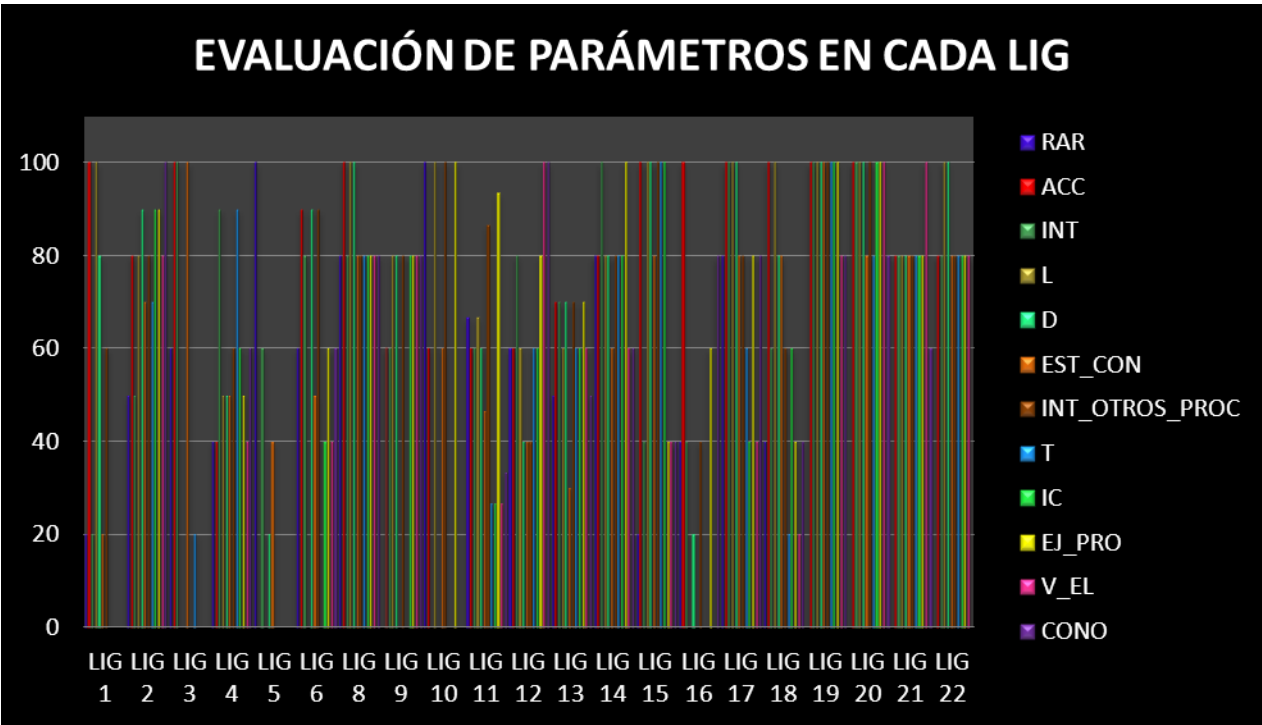


Figura 23. Procesos Geológicos que caracterizan cada LIG.



Cada LIG se evaluó por medio de unos parámetros como son (RAR) Rareza, (ACC) Accesibilidad, (INT) Interés, (L) Localización, (D)Didáctico, (EST_CON) Estado de Conservación, (INT_OTROS_PROC) Interrelación con Otros Procesos Geológicos, (T) Tamaño, Dimensiones, (IC) Interés Científico, (EJ_PRO)Buen Ejemplo de Procesos, (V_EL) Variedad de Elementos y (CONO) Grado de Conocimiento y en el cual en cada aspecto el máximo valor es de 5 (más importante) y el mínimo de 1 (menos importante). Los resultados se pueden observar en la **Figura 24**.

Figura 24. Evaluación de Parámetros en cada LIG.

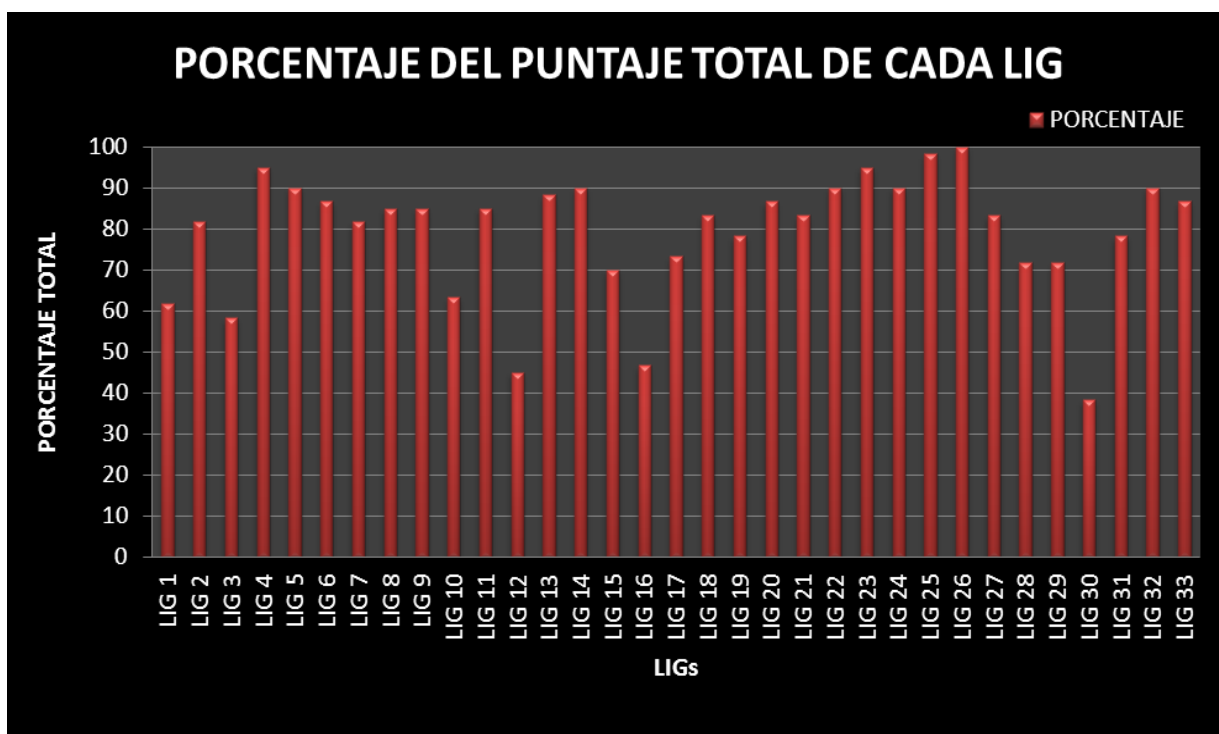


Al realizar la tabulación de las encuestas, se observó que los sitios sugeridos por los expertos, se refirieron a trayectos sobre la ruta propuesta y no a sitios específicos. Por lo tanto, dentro de la labor en campo, se analizaron todos los lugares que expusieran algún rasgo geológico importante y que aportara mayor información y posteriormente, en oficina, se evaluaron los puntos tomados en campo por medio de los parámetros definidos y teniendo en cuenta que la calificación para cada uno fue de 1 a 5, según su grado de importancia. En la **Tabla 4** y en la **Figura 25** se observan los resultados.

Tabla 4. LIG's tomados en campo sobre la ruta.

No. LIG	SITIO
LIG 1	Edificio Montearroyo (Carrera 41 No. 40 - 73), junto al Parque de las Américas
LIG 2	Entrada al Barrio Altos de Pan de Azúcar (Carrera 50 con Calle 53)
LIG 3	Mirador de la salida del Barrio Altos de Pan de Azúcar
LIG 4	UDES
LIG 5	Barrio Lagos del Cacique (Carrera 54 con Calle 74)
LIG 6	Afloramiento frente al Colegio Metropolitano del Sur
LIG 7	Entrada al Barrio La Cumbre
LIG 8	Salida del Barrio La Cumbre
LIG 9	Barrio Prados del Sur junto al Barrio La Cumbre
LIG 10	Afloramiento erosionado sobre la vía antigua a Floridablanca cerca a Lagos V Etapa
LIG 11	Anillo Vial, junto a UNE
LIG 12	Anillo Vial, frente al Mausoleo La Esperanza
LIG 13	Anillo Vial, afloramiento frente a la PTAR
LIG 14	Anillo Vial, afloramiento adelante de la PTAR
LIG 15	Anillo Vial, afloramiento delante de la estación anteRíor
LIG 16	Anillo Vial, afloramiento cerca a la avenida de los Caneyes
LIG 17	Afloramiento junto al Hotel San Juan Vía Bucaramanga-Girón
LIG 18	Afloramiento frente a CENFER
LIG 19	Afloramiento puente El Bueno
LIG 20	Afloramiento salida del Barrio Real de Minas hacia el Terminal de Transportes
LIG 21	Calle 45 saliendo del Barrio Primero de Mayo
LIG 22	Calle 45 metros debajo de la estación anterior
LIG 23	Vía Chimitá-Café Madrid, Empresa extractora de material de arrastre
LIG 24	Vía Chimitá-Café Madrid, Afloramiento contacto discordante Formación Girón
LIG 25	Vía Chimitá-Café Madrid, Afloramiento Miembro Órganos
LIG 26	Vía Chimitá-Café Madrid, Afloramiento fallado
LIG 27	Barrio Villas de San Ignacio I frente a la Escuela Nueva
LIG 28	Barrio Villas de San Ignacio II sobre el Río de Oro
LIG 29	Barrio Café Madrid - El Túnel
LIG 30	Curva frente a la Planta de Bavaria
LIG 31	Afloramiento sobre el Río Suratá
LIG 32	Curva saliendo del Norte hacia Bucaramanga
LIG 33	Puente Peatonal del Barrio Regaderos

Figura 25. Evaluación de cada LIG levantado en campo.



Como respuesta a la evaluación de cada LIG, se generaron unos rangos de importancia para decidir qué sitios son los que brindan mayor conocimiento científico y así obtener un producto como itinerario más completo y más didáctico. Los rangos con porcentajes menores de 50% no se tuvieron en cuenta, como es el caso de los LIG's 12, 16 y 30 los cuales fueron descartados debido a que no presentan características relevantes que permitan catalogarlos como patrimonio. Los LIG's 8, 9 y 28 y 29, se incorporaron en dos estaciones por estar muy cercanos (caso del LIG 8 y 9) y presentan un puntaje igual. En el caso de los LIGs 28 y 29, también presentan el mismo puntaje y además, se refieren a las características que presenta el Río de Oro durante su recorrido hasta la confluencia con el Río Suratá.

7.2 MAPA GEOLÓGICO

Como valor agregado, se compararon las unidades geológicas encontradas en cada estación con las reportadas en el mapa geológico por INGEOMINAS (2001), resaltando que en las estaciones 21 y 23 del Itinerario Geológico del Área Metropolitana de Bucaramanga, se exhiben muy bien afloramientos correspondientes a la Formación Girón en contacto con la base de la Formación Bucaramanga (Miembro Órganos), los cuales quedaron expuestos gracias al proyecto de ampliación de la Vía Chimitá al Café Madrid.

En general, la geología que aquí se muestra, no presenta variaciones significativas para reportar. Por esto, no se presenta ninguna variación en el mapa geológico presentado en el **Anexo 2**.

7.3 ITINERARIO GEOLÓGICO

El resultado final de este trabajo de investigación es el Itinerario Geológico del Área Metropolitana de Bucaramanga el cual se llevó a cabo a través de una ruta y donde se ubican los Lugares de Interés Geológico (LIG's) que están plasmados en el **Anexo 3**.

7.4 DISCUSIÓN

En este capítulo se resalta la importancia de este trabajo, dando a conocer algunos lugares que contienen información científica de calidad que vale la pena divulgar y hacer pública para la preservación y entendimiento de los procesos geológicos y sus implicaciones ambientales que afectan social y económicamente en el desarrollo sostenible de los municipios. Esto se ve reflejado en algunas zonas que están dentro y fuera de la ruta y que se muestran por medio de fotografías que resaltan algunos conceptos geológicos importantes.

7.4.1 Afloramiento Vía al Barrio Pan de Azúcar. Este afloramiento estaba ubicado sobre la vía que va de la UNAB al Barrio Pan de Azúcar, en el que se ve el mallado previo para las labores de ingeniería de estabilidad de taludes. Allí se encuentra expuesto el granito y la cuarzomonzonita en contacto irregular, debido al proceso intrusivo de estas rocas. Estas rocas no presentan planos estructurales relacionados con foliación o laminación. Las rocas se encuentran altamente meteorizadas; sin embargo, permanecen visibles sus rasgos texturales y estructurales así como la mineralogía original (**Figura 26**).

Figura 26. Antiguo afloramiento que muestra el contacto intrusivo entre un granito y una cuarzomonzonita, con venas de cuarzo de tipo hidrotermal. Actualmente tapado con cemento (Foto cortesía de Torres, 2009).



7.4.2 Afloramiento entrada Barrio Prados del Sur. Este sitio localizado en la Carrera 45, a la entrada del Barrio Prados del Sur, en el taller de ornamentación “El Churco”, corresponde a un afloramiento de rocas sedimentarias de la formación Girón, donde hace unos años (2009), se ubicaba un afloramiento en el que se observaba una zona tectonizada, característica de la acción de la Falla La Cumbre (Brechificación?) (**Figura 27**).

Figura 27. Imagen zona tectonizada debido a la Falla La Cumbre. Afloramiento ubicado sobre la Carrera 45 a la entrada del Barrio Prados del Sur, Floridablanca. (Foto cortesía de Torres, 2009)



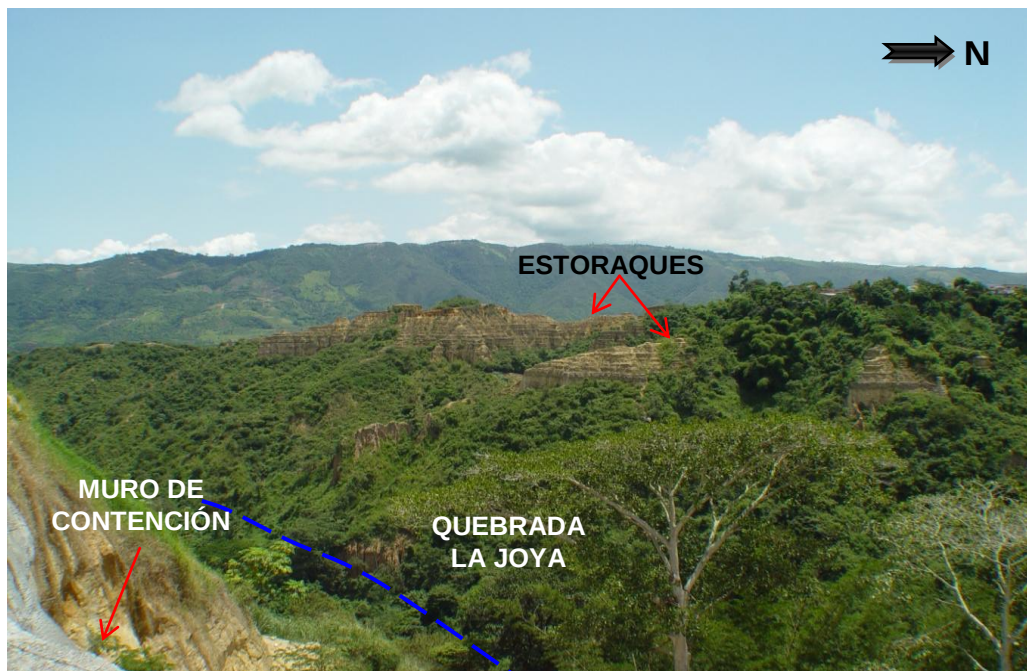
A continuación se muestran unas panorámicas muy interesantes que muestran aspectos geomorfológicos y estratigráficos desde algunos barrios que están Bucaramanga.

7.4.3 Calle 36 con Carrera 18W, Barrio La Joya, Estación de Buses.

Coordenadas Geográficas: X= 1°107.939 Y= 1°277.699 Z= 1.045 m

Se puede resaltar en este sitio diversos procesos erosivos que están modelando los escarpes del abanico de Bucaramanga y donde se encuentran en constante amenaza debido a la acción antrópica en la construcción de los diferentes barrios que se encuentran en estos sitios y que llevan a tomar medidas de contingencia tales como la intervención ingenieril en la construcción de muros de contención (Figura 28) como una solución a la estabilización de los taludes.

Figura 28. Vista panorámica desde el barrio La Joya. Se observa, en la parte inferior izquierda, un muro de contención como obra de estabilización de taludes.



Este escarpe también se puede observar en el itinerario desde la carretera que va desde la calle 45 a la vía Chimita-Café Madrid.

7.4.4 Carrera 15W con Calle 31. Barrio Don Bosco

Coordenadas Geográficas: X= 1`103.174    Y= 1`277.876 Z= 915 m

El Barrio Don Bosco está ubicado en otro escarpe occidental de la ciudad. Una de las características principales de este Barrio es que su acceso se realiza por una calle única que esta bordeada por escarpes erosivos, haciendo que esta zona quede aislada parcialmente del resto de la ciudad (**Figura 29**).

Figura 29. Vista panorámica desde el Barrio Don Bosco, en la cual se puede observar el proceso erosivo más intensivo debido a la acción antrópica.



Desde el mismo punto en dirección hacia el norte, se observa el trazo de la Quebrada Cuyamita y el Barrio Nápoles (**Figura 30**).

Figura 30. Vista panorámica desde el Barrio Don Bosco hacia el Barrio Nápoles en dirección Norte.

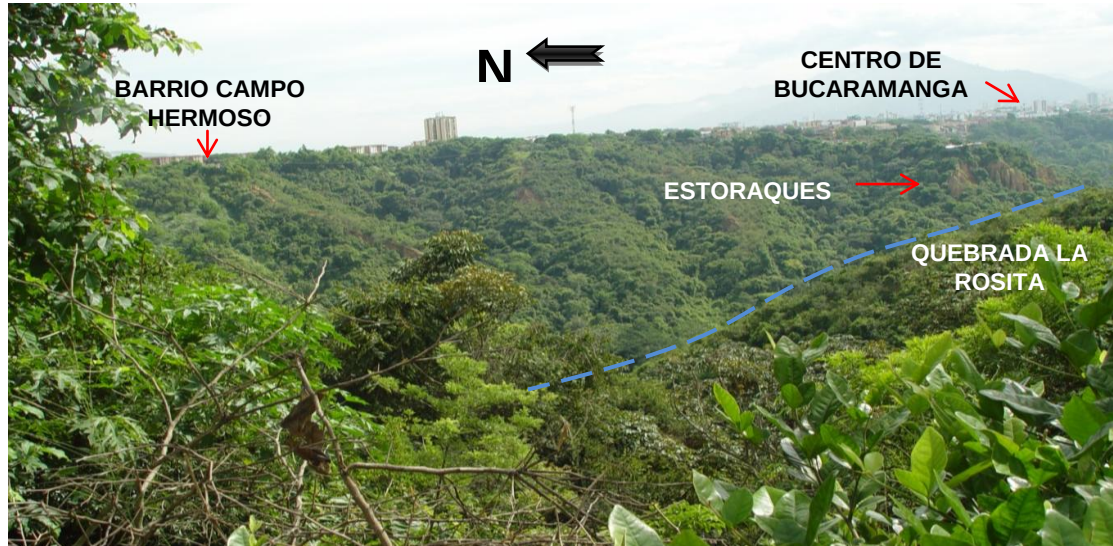


7.4.5 Barrio Los Estoraques

Coordenadas Geográficas: X= 1`103.795    Y= 1`275.992 Z= 914 m

Este punto también exhibe problemas de asentamientos que están afectando el escarpe occidental de la ciudad, convirtiéndose en la mayor problemática que afecta tanto social como económicamente la población. En la **Figura 31**, se observan algunos escarpes descubiertos por la acción del agua formando las superficies de los estoraques y también se puede notar la configuración de los drenajes que es un patrón característico alrededor de la ciudad de Bucaramanga, un drenaje dendrítico subparalelo.

Figura 31. Vista panorámica desde el barrio los Estoraques. Se observa la Quebrada La Rosita, Escarpes erosionados, Barrio Campo Hermoso y el centro de la ciudad de Bucaramanga.



En la **Figura 32**, se puede ver el Barrio San Miguel y la unión de las quebradas los Loros y la Rosita. Los asentamientos ilegales en zonas de alto riesgo, como los escarpes es una problemática que hace visible la necesidad de llevar a cabo programas de educación y concientización por parte de los entes encargados de controlar este tipo de situaciones tomando mejores decisiones que la de legalizarlas por evitar enfrentamientos con la comunidad.

Figura 32. Vista panorámica desde el Barrio los Estoraques hacia el oriente, donde se observa el Barrio San Miguel y la Unión de la Quebrada La Rosita y la Quebrada Los Loros.

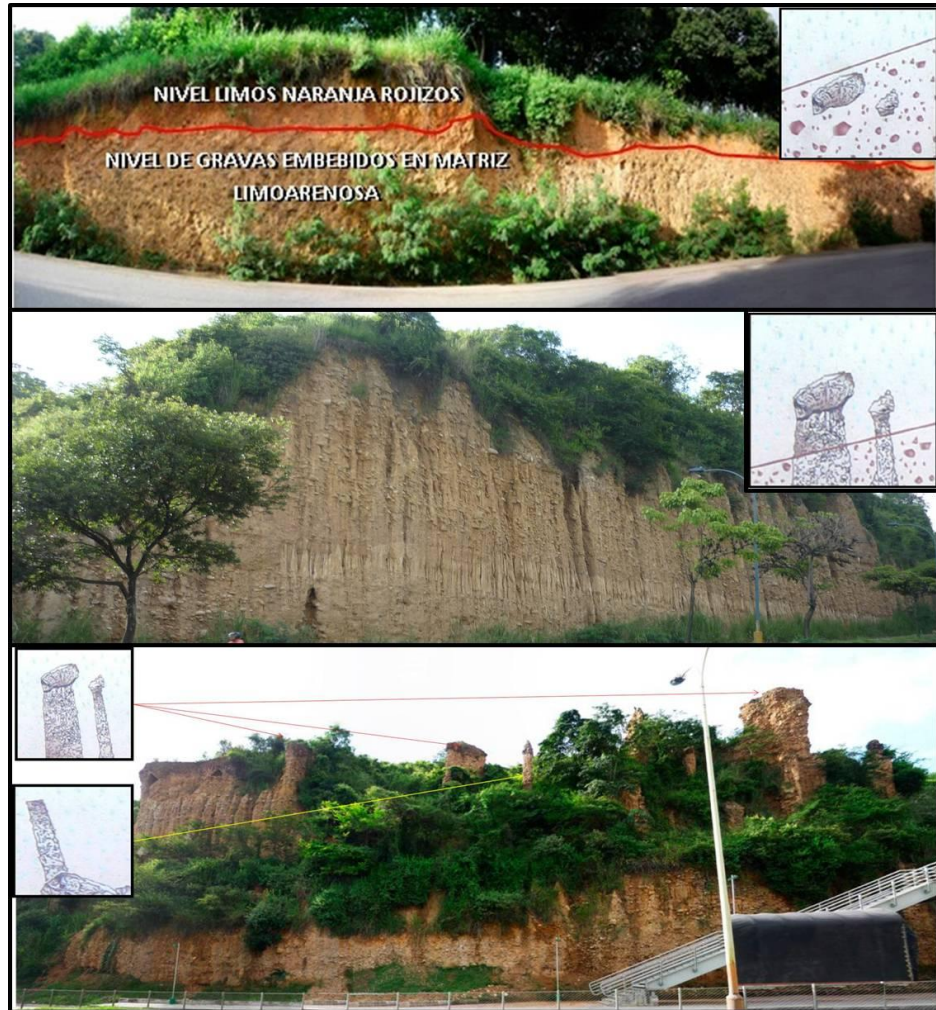


CONCLUSIONES

- El Área Metropolitana de Bucaramanga brinda diferentes escenarios geológicos que cuentan con un sinnúmero de eventos dando lugar a lo que hoy conocemos como un abanico aluvial el cual se ha venido modelando a través del tiempo.
- En general, los procesos geológicos que han intervenido en la modificación del Área de Estudio, se refieren a procesos tectónicos, denudacionales, hídricos y fluviales.
- Durante el proceso de investigación y análisis en campo, se pudo observar muy detenidamente algunos sectores que fueron descubiertos gracias a la ampliación de la vía hacia el norte y donde se encontró que en algunos afloramientos la Formación Girón y el Miembro Órganos de la Formación Bucaramanga, está en contacto difuso.
- En el contexto tectónico, el Área Metropolitana de Bucaramanga se encuentra afectada estructuralmente y a medida que pasa el tiempo, se hace más evidente en las estructuras que se van formando como las facetas triangulares actuales y desplazadas, sillas y charcas de falla, y fallas satelitales, asociadas principalmente a los lineamientos del Sistema de Fallas Bucaramanga-Santa Marta y Falla del Suárez.
- Otros procesos geológicos importantes dentro del marco de modelamiento, son los erosivos donde se puede observar los diferentes estados desde sus inicios, erosión laminar, hasta su expresión máxima como son los estoraques (**Figura 33**). Además de la influencia fluvial principalmente determinada por los ríos Frío, de Oro y Suratá junto con las quebradas afluentes del río de Oro y que

afectan la mayor parte del área de estudio. Así como los fenómenos de remoción en masa acelerados por la acción antrópica que también han ayudado en la transformación del abanico aluvial.

Figura 33. Afloramientos ejemplos del proceso erosivo desde la erosión laminar hasta la formación de columnas ya en sus estados finales.



- Este proyecto muestra por medio de 28 Lugares de Interés Geológico (LIG's) previamente seleccionados, evaluados y jerarquizados, una ruta en la que se resaltan algunos aspectos geológicos importantes en la formación y evolución del Área Metropolitana de Bucaramanga y de manera didáctica

con las descripciones, esquemas e interpretaciones propias, se permite dar al lector una idea, ya sea con un interés científico o simplemente por conocer el área de estudio, desde un punto de vista diferente al que hasta ahora se ha mostrado, como son los trabajos de ordenamiento territorial POT's, de turismo , económico sociales, etc.

RECOMENDACIONES

- Desarrollar a través de diferentes inventarios geológicos, una metodología estándar para evaluar y catalogar los lugares de interés geológico más relevantes en el desarrollo de un itinerario.
- Este itinerario sería ideal para llegar de una forma más didáctica a los diferentes estamentos gubernamentales encargados de llevar a cabo la evaluación del riesgo y amenaza para generar políticas preventivas y de mitigación ante cualquier catástrofe natural y apoyar en el replanteamiento del POT generando mayor seguridad a la población.
- Llevar a cabo varios Itinerarios en diferentes zonas a nivel regional y nacional para conocer más a fondo la geodiversidad que nos rodea y crear conciencia en la preservación por medio de una caracterización como Patrimonio Geológico.

BIBLIOGRAFIA

ALMEYDA R., W., 2002. Evaluación del riesgo sísmico del sistema de acueducto de Bucaramanga a partir del estudio de microzonificación sísmica indicativa de Bucaramanga- Colombia.

ALDANA, W.O. Y ARIZA, S., 2000. Geología para la Estabilidad del Escarpe Norte de Bucaramanga.

BOLETÍN OFICIAL DEL ESTADO, 2007. Ley 42/2007, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad. España, pp. 51282.

BRUSCHI, V., 2007. Desarrollo de una metodología para la caracterización, evaluación y gestión de los recursos de la geodiversidad. Tesis doctoral. Departamento de Ciencias de la Tierra y Física de la Materia Condensada. Universidad de Cantabria, Santander.

BOSCH, A., 2004. Parque geológico del Pallars. Universitat Politècnica de Catalunya, Proyecto final de carrera para optar al título como Ingeniero Técnico de Minas, explotación de minas, inédito.

BUENO, E., SOLARTE, A., 1994. Geología, Geotecnia y Comportamientos Erosivos del Área de Reserva Forestal de Bucaramanga. Tesis de grado para optar al título de Geólogo, Universidad Industrial de Santander.

CARCAVILLA, L., LOPEZ, J., DURAN, J., 2007. Patrimonio Geológico y Geodiversidad: Investigación, Conservación, Gestión y Relación con los Espacios Naturales Protegidos. Instituto Geológico y Minero de España Madrid.

CARCAVILLA, L., DURÁN, J.J., y LÓPEZ-MARTÍNEZ, J., 2008. Geodiversidad: Concepto y Relación con el Patrimonio Geológico. Geo-Temas, 10, 1299-1303. VII Congreso Geológico de España. Las Palmas de Gran Canaria.

CARDENAS, J. y RESTREPO, C., 2006. Patrimonio geológico y patrimonio minero de la Cuenca Carbonífera del Suroeste Antioqueño, Colombia. Boletín de Ciencias de la Tierra, Número 18.

CARRILLO, L. E. 1995. Creating a GIS Database for Seismic and Geotechnical Microzonation of the Metropolitan Area of Bucaramanga - Colombia. En: Ingeominas. Zonificación sismogeotécnica indicativa del área metropolitana de Bucaramanga.

CENDRERO, A., 1996. El patrimonio geológico. Ideas para su protección, conservación y utilización.

CHAPARRO, E. y GUERRERO, A., 1991. Geología y Geotecnia de la Zona Oriental del Área metropolitana de Bucaramanga Sector Morrónico Floridablanca. Universidad Industrial de Santander, Escuela de Geología. Bucaramanga.

CLAVIJO, J., et al., 1993. Contribución al conocimiento de la geología de los Santanderes. Cuarto Simposio de Geología Regional. Ingeominas. Documento interno, pp. 99. Bucaramanga. En: ROYERO, J. Y CLAVIJO, J., Mapa Geológico Generalizado Departamento de Santander. Ingeominas, 2001.

COLEGIAL, J. D., PISCIOTTI, G. y URIBE, E., 2002. Metodología para la definición, evaluación y valoración del patrimonio geológico y su aplicación al patrimonio geomorfológico glaciar de Santander caso municipio de vetas.

DANGAVS, N. V., 2011. Patrimonio Geológico: un bien cultural y ambiental a proteger. Identificación, valoración y gestión de sitios de interés geológico. Centro de Investigaciones de Suelo y Aguas de Uso Agropecuario e Instituto de Geomorfología y Suelos (Convenio FCNyM - Min. Asuntos Agrarios Provincia de Buenos Aires).

DIAZ-MARTINEZ, E., GUILLÉN, F., MATA, J. M., MUÑOZ, P., NIETO, L. M., PEREZ, F., DE SANTISTEBAN, C., 2008. Nueva legislación española de protección de la Naturaleza y desarrollo rural: Implicaciones para la conservación y gestión del patrimonio geológico y la geodiversidad

DÍEZ-HERRERO, A., ORTEGA, J.A., PÉREZ-LÓPEZ, R. y RODRÍGUEZ PASCUA, M.A., 2011. Patrimonio Geológico Efímero: Singularidades de su Estudio y Gestión. En Avances y retos en la conservación del Patrimonio Geológico en España. Actas de la IX Reunión Nacional de la Comisión de Patrimonio Geológico (Sociedad Geológica de España) (FERNÁNDEZ-MARTÍNEZ, E. Y CASTAÑO DE LUIS, R. EDS). Universidad de León, España, pp. 346.

GAIDO, F., 2007. Exposición Servicio Geológico y Minero Argentino (SEGEMAR): Sitios de Interés Geológico.

GEMMA., 2007, Movimientos en Masa en la Región Andina: Una Guía para la Evaluación de Amenazas. Servicio Nacional de Geología y Minería, Publicación Multinacional. No 4.

INGEOMINAS, 2001. Zonificación sismogeotécnica indicativa del Área Metropolitana de Bucaramanga.

JULIVERT, M. 1963. Nuevas Observaciones sobre la Estratigrafía y Tectónica del Cuaternario de los Alrededores de Bucaramanga. Universidad Industrial de Santander. Boletín de Geología, No 15, pp. 41-59.

KUM, L. y LÓPEZ, R., 2007. Diseño de un Geoparque en la Isla de Cubagua. Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ingeniería, Escuela de Geología, Minas y Geofísica. Trabajo especial de grado para optar al título de Ingeniero Geólogo.

LEYNAUD, G., 2002. Inventario y Caracterización de los Puntos de Interés Geológico (PIG) de la Provincia de Córdoba. En XV Congreso Geológico Argentino, Córdoba.

LOPEZ, Y. y SOSA, R., 2009. Caracterización de Geodiversidad en Chichiriviche de la Costa, con perspectiva al desarrollo de un Geoparque. Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ingeniería, Escuela de Geología, Minas y Geofísica. Trabajo especial de grado para optar al título de Ingeniero Geólogo.

MANCERA M. y SALAMANCA P. 1993. Cartografía geológica, estratigráfica, a detalle y zonificación geotécnica del sector oriental del área metropolitana de Bucaramanga. Proyecto de grado (inédito). Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Facultad Seccional Sogamoso, Escuela de Ingeniería Geológica. Tomo I y II.

MARTÍNEZ, O., 2008. Patrimonio Geológico, Identificación, Valoración y Gestión de Sitios de Interés Geológico. Universidad Nacional de La Plata. Geografiando, año 4, No. 4, pp. 233-250.

MOLINA, J y MERCADO, M., 1999. Patrimonio geológico de Colombia: una propuesta preliminar para su inventario. En: Patrimonio geológico minero en el

contexto de cierre del cierre de minas (Villas, R., González, A. y de Albuquerque, G.) Río de Janeiro, pp. 169-183.

MOLINA, J., MERCADO, M., 2003. Patrimonio geológico minero y geoturístico. Enfoque conceptual y de casos de Colombia. INGEOMINAS.

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

REMY *et al.*, 1975. Neueinstufung der Bocas-Folge (Bucaramanga, Kolumbien) in den Unteren Jura anhand einer Phlebopteris-branneri und classopollis-Flora-Argumenta Paleobotánica (4): 55-77. Münster. En: ROYERO, J. y CLAVIJO, J., Mapa Geológico Generalizado Departamento de Santander. Ingeominas. 2001.

RÍOS, C y CASTELLANOS, O., 2008. Itinerario Geológico del basamento cristalino de la región suroccidental del Macizo de Santander.

ROYERO, J. y CLAVIJO, J., 2001. Mapa Geológico Generalizado Departamento de Santander. Ingeominas.

SANTOS, J. F., & APOITA, B., 2009. Geodiversidad, Patrimonio Geológico y Conceptos Afines: Complementos Esenciales en la Educación Ambiental del Futuro. Forum de Sostenibilidad 3, 51-61.

SERRANO, E., & RUIZ-FLAÑO, P., 2007a. Geodiversidad: Concepto, Evaluación y Aplicación Territorial. El Caso de Tiermes Caracena (Soria). Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles 45, 79-98.

SERRANO, E., & RUIZ-FLAÑO, P., 2007b. Geodiversity. A theoretical and Applied Concept. *Geographica Helvetica* 3, 140-147.

SIGAM, Agenda Ambiental del Municipio de Bucaramanga. 2002.

SUAREZ, L., BARAJAS, O.L., BAYONA, E., VARGAS, J., 2009. Plan de Manejo Área Natural Única los Estoraques.

THEODOSSIOU-DRANDAKI, 2000. Sin educación no es posible la conservación. En: Baretino, D., Wimbledon, W.A.P y Gallego, E. Patrimonio geológico: conservación y gestión. Instituto Tecnológico Geominero de España, España, pp. 119-135.

VARGAS, C., PUJADES, L., UGALDE, A., CANAS, J., 2002. Estado de Deformación y Esfuerzos en el Territorio Colombiano

VELÁSQUEZ, E., 2011. Geoturismo como Opción de Desarrollo Turístico para la Isla de Cubagua, Estado Nueva Esparta. Universidad de Oriente. Núcleo Nueva Esparta, Escuela de Hotelería y Turismo. Trabajo especial de grado para optar al título de Licenciada en Turismo.

VILLALOBOS M., M., 2001. Estrategias en la Protección del Patrimonio Geológico Andaluz, en *Medio Ambiente* 37, Consejería de Medio Ambiente, Sevilla, pp. 36-39.

VILLALOBOS, M.; BRAGA, J. C.; GUIRADO, J. y PÉREZ MUÑOZ, A. B, 2004. El inventario Andaluz de georrecursos culturales: criterios de valoración. *De Re Metallica* 3: pp. 9-21.

WARD, D., GOLDSMITH, R., CRUZ, J. y RESTREPO, H., 1973. Geología de los Cuadrángulos H-12 Bucaramanga y H-13 Pamplona Departamento de Santander. Ingeominas. Boletín Geológico, Volumen 21, No. 1-3. Bogotá.

WIMBLEDON, W. A. P., 1995. The Development of a Methodology for the Selection of British Geological Sites for Conservation: part 1. En Patrimonio geológico. Identificación, valoración y gestión de sitios de interés geológico (Ramírez, O.), Universidad Nacional de La Plata. Geografiando, año 4, No. 4, pp. 233-250.

IGME, www.igme.com.es Instituto Geológico y Minero de España (consultado 27-01-12).

ANEXOS

ANEXO A. ENCUESTA DE OPINIÓN

NOMBRE: _____ PROFESIONAL _____ ESTUDIANTE _____

ENTIDAD: _____

EDAD: 18 – 25 AÑOS _____ 26 – 30 AÑOS _____ 31 – 40 AÑOS _____ 41 – 50 AÑOS _____
MAYOR DE 50 _____

Esta encuesta tiene como fin conocer y catalogar algunos Lugares de Interés Geológico (LIGs) en la ruta mostrada del Área Metropolitana de Bucaramanga, con el fin de enriquecer y aportar a un trabajo de interés en la región. Estos sitios de interés serán clasificados para resaltar el patrimonio geológico, conocido como “el conjunto de recursos naturales geológicos de valor científico, cultural y/o educativo, ya sean formaciones y estructuras geológicas, formas del terreno, minerales, rocas, fósiles, suelos y otras manifestaciones geológicas que permiten conocer, estudiar e interpretar el origen y evolución de la Tierra y los procesos que la han modelado” (IGME).

Nota: La ruta que se muestra en la figura adjunta, es el circuito que se tendrá en cuenta para hacer el reconocimiento de los sitios de interés geológico. Se anexa también el mapa geológico del Área Metropolitana tomado del proyecto “Zonificación Sismogeotécnica indicativa del Área Metropolitana de Bucaramanga” (INGEOMINAS – CDMB, 2001).

1. Para usted, qué lugares resaltaría con mayor interés geológico, ya sea paleontológico, geomorfológico, mineralógico, estratigráfico, estructural, o cualquier rama de la geología.

LIG1 _____
LIG2 _____
LIG3 _____
LIG4 _____
LIG5 _____

2. Evalúe de 1 a 5 estos lugares de interés siendo 1 el menos importante y 5 el de mayor importancia para usted.

LIG 1 _____ LIG 2 _____ LIG 3 _____ LIG 4 _____ LIG 5 _____

3. Qué aspecto geológico resalta en cada uno de los lugares propuestos por usted (ubique el LIG de acuerdo al interés geológico).

a) Paleontológico	_____
b) Geomorfológico	_____
c) Estructural	_____
d) Estratigráfico	_____
e) Mineralógico	_____

f) Otro. Cuál? _____

4. De acuerdo a los parámetros listados, de una calificación de estos para cada LIG.

La escala es de 1 a 5, siendo 1 el menos importante y 5 el más importante

PARAMETROS	LIG 1	LIG 2	LIG 3	LIG 4	LIG 5
Rareza					
Accesibilidad					
Interés					
Localización					
Didáctico					
*Estado de Conservación					
*Interrelación con Otros Procesos Geológicos					
*Complejidad del Significado					
*Tamaño, Dimensiones					
Interés Científico					
*Buen Ejemplo de Procesos					
*Variedad de Elementos					
*Grado de Conocimiento					
Otro					

5. En su opinión, ¿Qué otros sitios de interés geológico propone para el Área Metropolitana de Bucaramanga fuera de la ruta anexa?

6. Según su criterio, ¿Qué otros expertos en el ámbito geológico y por conocimiento del Área Metropolitana, podría sugerirnos para responder esta encuesta?

GRACIAS POR SU COLABORACION

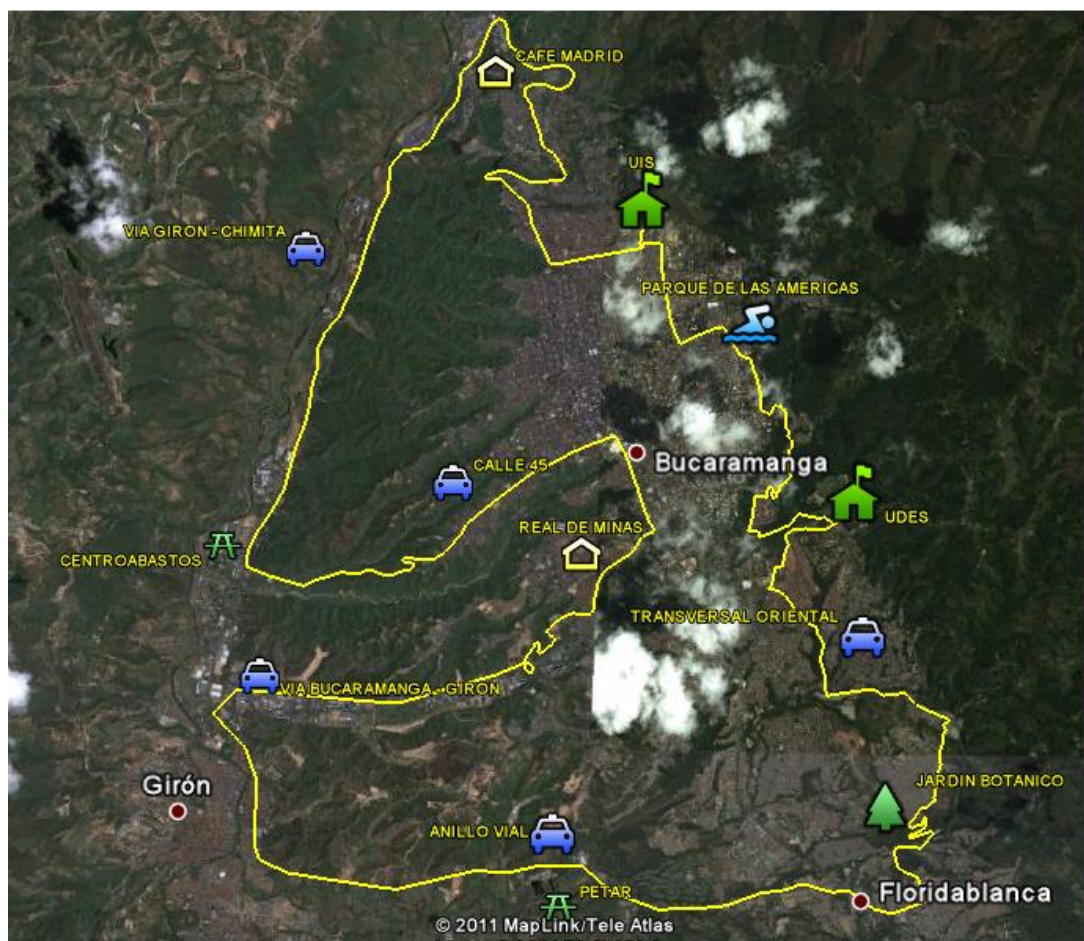
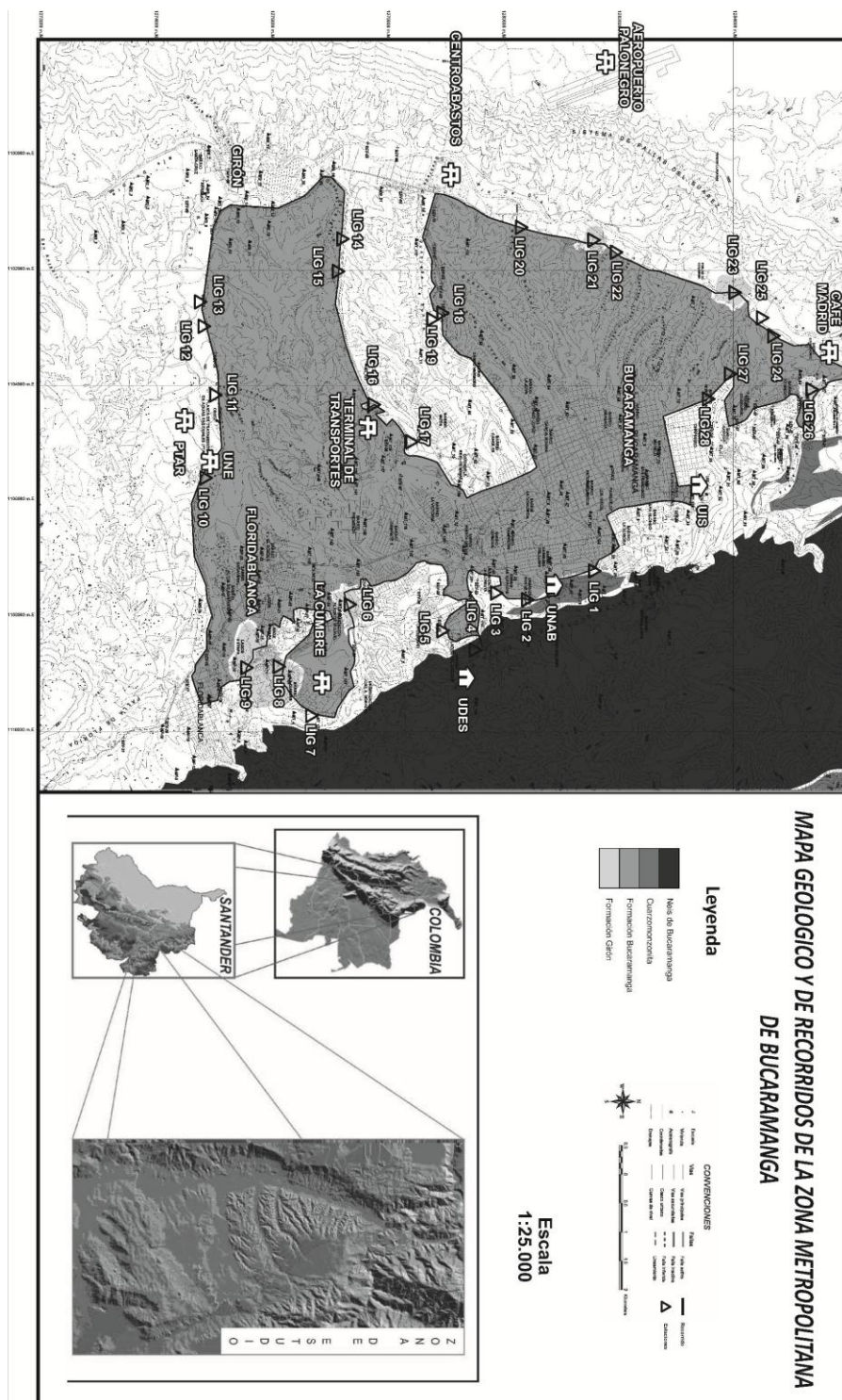


Imagen de la Ruta a tener en cuenta para los Sitios de Interés. Tomado de Google Earth, 2011.

ANEXO B. MAPA GEOLÓGICO

Figura 1. Mapa Geológico y de Recorrido de la zona Metropolitana de Bucaramanga.



ANEXO C. ITINERARIO GEOLÓGICO DEL ÁREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA, SANTANDER

1. INTRODUCCIÓN

El recorrido a lo largo de la ruta que incluye parte del Área Metropolitana de Bucaramanga permite conocer algo de la historia de formación y evolución que ha dado lugar a los diferentes paisajes que resaltan la belleza geomorfológica y geológica en cada una de las paradas y en las cuales por medio de su conocimiento, brindan a detalle información sobre el paso del tiempo y las condiciones presentes al inicio y en el proceso de modelamiento haciendo que perduraran hasta lo que actualmente es visible en cada afloramiento y zona observada a través de este itinerario. Este itinerario puede servir como guía para que los lectores comprendan, aprecien y tengan una idea de lo que ofrece el área de estudio de una manera fácil y asequible a todo tipo de público para que la admiren desde cualquier punto de vista, ya sea turístico, paisajístico, investigativo, o simplemente para mirar a los municipios del Área Metropolitana de Bucaramanga desde otra perspectiva. El itinerario consta de 28 estaciones (EST's), previamente catalogados y evaluados, que se siguen por la ruta mostrada en el mapa de la Figura 1, teniendo en cuenta que pueden constituir caminatas de menos de 5 minutos para acceder al sitio y el tiempo de recorrido es aproximadamente de 1 día. La ruta en detalle se describe más adelante junto con cada estación.

2. MAPA UBICACIÓN DE LAS ESTACIONES.

El recorrido en general, es un circuito cerrado que inicia en la entrada principal de la Universidad Industrial de Santander (UIS) en la carrera 27.

Para acceder a la **EST1**, se toma la carrera 30, pasando por el estadio Alfonso Lopez, hasta encontrar la calle 32 transitando hacia el oriente por uno de los costados del Hospital Universitario de Santander. Se sigue por dicha vía hasta cruzar la carrera 38 para llegar al Parque de Las Américas. Desde este punto se sube a pie por las escaleras de acceso a la carrera 41 con calle 40, frente al edificio Montearroyo donde se ubica un mirador que corresponde a la EST 1. Desde allí se puede observar una panorámica hacia el límite occidental del área de estudio donde se resalta aspectos geomorfológicos característicos de ese paisaje.

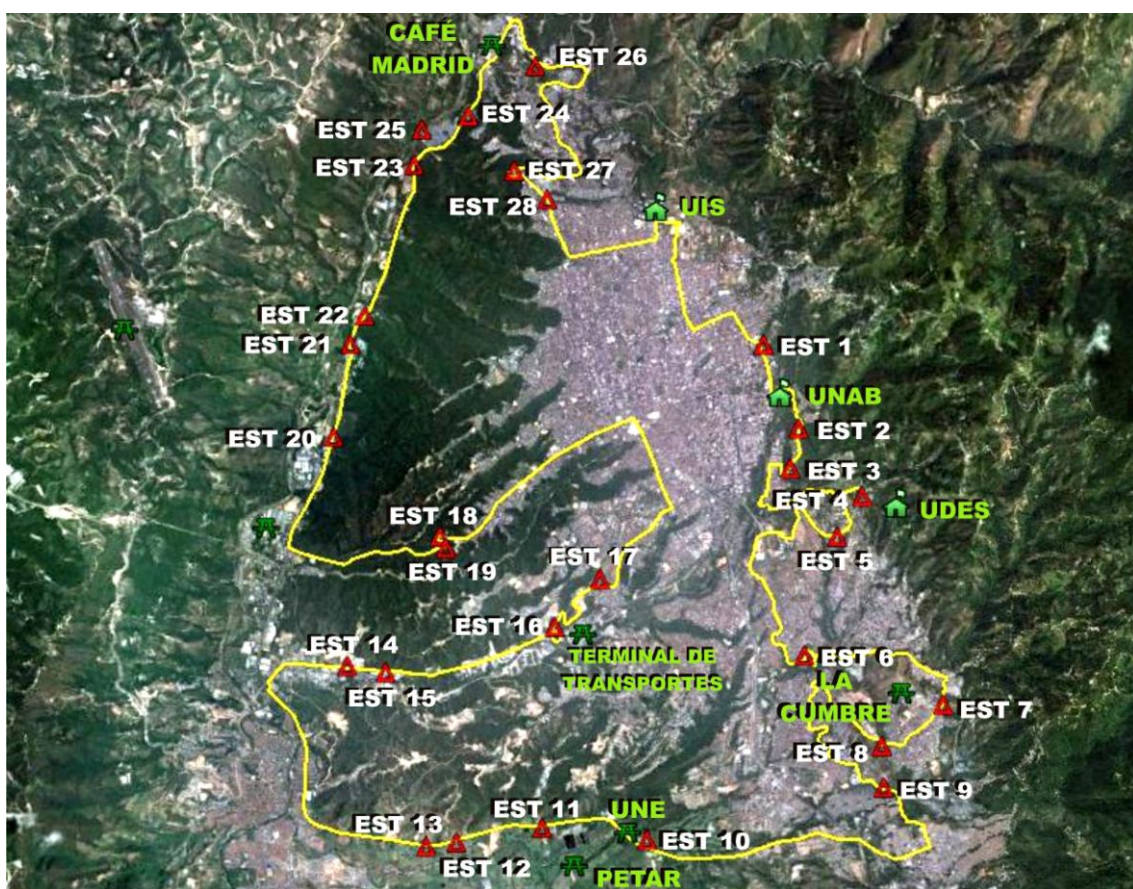


Figura 1. Mapa de ubicación de las EST's. Imagen tomada de Google Earth 2012.

EST 2: Se accede siguiendo el recorrido por la Carrera 40 hasta llegar al cruce de la Calle 46 donde se toma la Avenida El Jardín para llegar al puente o cruce fluvial de la Quebrada La Flora. De allí se continúa por la Avenida Pan de Azúcar que conduce al Barrio Altos de Pan de Azúcar, donde se ubica la EST 2, sobre la intersección de la Carrera 50 con Calle 53. Desde allí se observan panorámicas que resaltan algunos rasgos geomorfológicos característicos de la litología presente y evidencias estructurales correspondientes al paso del Sistema de Fallas Bucaramanga-Santa Marta.

EST 3: Saliendo por la Avenida Pan de Azúcar se conduce en dirección al barrio Terrazas donde se encuentra el llamado “Mirador de Pan de Azúcar”, allí se ubica la EST 3. Desde allí también se pueden seguir los rasgos geomorfológicos y estructurales vistos en la EST 2 por medio de panorámicas que cubren la zona sureste del área de estudio.

EST 4: Continuando el recorrido, se atraviesan los barrios terrazas y la Floresta hasta llegar a la vía antigua a Floridablanca, donde se toma hacia el sur hasta encontrar la bifurcación de la Calle 70 que conduce hacia el cementerio Las Colinas y la Universidad de Santander (UDES). Este último sitio corresponde a la EST 4, donde se tomaron varias fotografías panorámicas desde los edificios.

EST 5: Dejando la UDES se sigue el recorrido tomando la Carrera 55 que rodea al lago del Parque de las Orquídeas hasta la Carrera 54 con Calle 74, tomando este punto como la EST 5. Desde allí se aprecia una vista panorámica que resalta algunos rasgos geomorfológicos asociados al sistemas de falla Bucaramanga-Santa Marta.

EST 6: Se avanza por la calle 74 hasta la intersección con la carrera 50 y se toma esta vía hasta la calle 71 que permite llegar desde el Barrio Lagos del Cacique al Estadio la Flora. Se sigue por la calle 93 accediendo a la vía antigua a Floridablanca, por la cual se avanza pasando por la Plaza satélite hasta ubicar el Colegio Metropolitano del Sur y frente a este se localiza el afloramiento de la EST 6. Allí se observa un afloramiento el cual se puede identificar rasgos estructurales y estratigráficos característicos de la Formación Girón.

EST 7: Después de dejar la EST anterior, se avanza el recorrido por la vía antigua a Floridablanca hasta llegar a la intersección con la Avenida Villa Luz y se toma esta vía hasta encontrar el cruce con la Transversal Oriental que conduce hacia el Barrio El Carmen, donde se desvía en la Calle 30 hacia el Barrio La Cumbre. A la entrada de este barrio se localiza la EST 7. Allí se puede seguir los diversos rasgos geomorfológicos y tectónicos que evidencian la acción del sistemas de Falla de Bucaramanga-Santa Marta.

EST 8: Luego de cruzar la totalidad del Barrio La Cumbre por la Calle 30 junto a una estación del gasoducto encontramos la EST 8, donde se obtienen algunas panorámicas que exhiben la geomorfología del sector suroeste del área de estudio. Unos metros más adelante, en la entrada del Barrio Prados del Sur, se puede identificar rasgos geomorfológicos correspondientes a la falla de la Cumbre y además de algunos fenómenos de movimientos en masa recientes.

EST 9: Posteriormente se avanza en dirección a la vía antigua a Floridablanca y se continúa por esta hasta unos metros antes de llegar al barrio Bucarica, donde se encuentra la EST 9 y se observa un deslizamiento el cual se constituye en el rasgo geomorfológico común de esa zona.

EST 10: A continuación, la ruta pasa por el Jardín Botánico y lo rodea por la vía que conduce al Parque principal de Floridablanca por la carrera 8, donde voltea por la calle 5, pasando por la antigua licorera de Santander hasta llegar al intercambiador de la Autopista Bucaramanga-Floridablanca, en el sitio llamado “Papi quiero piña”. De allí se toma el anillo vial que conduce a la población de Girón, hasta encontrar la Empresa de Telecomunicaciones UNE, ubicada sobre el costado norte de la vía y caminando hacia el norte, a unos 200 m de la vía principal, se identifica el afloramiento que corresponde a la EST 10. Allí se resalta características sedimentológicas de depositación de los materiales que componen el afloramiento a estudiar.

EST's 11, 12 y 13: Siguiendo por el Anillo Vial, 50 m delante de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), se encuentra la EST 11; a un kilómetro y medio aproximadamente de esta estación, se encuentra la EST 12 y a unos 50m

aproximadamente se encuentra la EST 13. En estas estaciones, se pueden caracterizar afloramientos que contienen materiales correspondientes al Miembro Órganos de la Formación Bucaramanga y los cuales se describen en detalle más adelante.

EST's 14 y 15: Siguiendo el recorrido por Girón, se pasa por una de las sedes del SENA, llegando al intercambiador del Palenque, tomando la Vía principal Girón – Bucaramanga. A la altura del Hotel San Juan de Girón se encuentra la EST 14 donde se observa un afloramiento del Miembro Órganos de la Formación Bucaramanga. Metros más al oriente por el costado norte de la misma autopista, frente a CENFER, se localiza la EST 15, donde se han desarrollado organales y tierras malas cuyo material transportado ha llegado a la vía en forma de conos de deyección, los cuales ha generado taponamientos de la vía, en épocas invernales.

EST's 16 y 17: Se encuentran pasando el Intercambiador Jorge Alberto Chavez, sobre la Avenida Metropolitana que conduce hacia el Barrio Ciudadela Real de Minas. Desde allí se puede observar diferentes afloramientos característicos de la Formación Bucaramanga, donde se pueden observar los cuatro miembros por medio de la columna que se muestra más adelante en detalle.

EST 18 y 19: Seguido se toma la Calle 61, se cruza por la Carrera 17, por donde se continúa hasta llegar a la Calle 45, donde se gira hacia el occidente, hasta llegar al Barrio Quinta Estrella. Las estaciones se localizan respectivamente a 200 m hacia el occidente de la Estación de buses ubicado en el mismo barrio, la EST 18 y la EST 19, a 200 m por la misma vía (Calle 45), desde la estación anterior. En dichas estaciones, se pueden resaltar vistas panorámicas que resaltan la configuración del paisaje hacia el escarpe occidental del abanico de Bucaramanga y el desarrollo de los drenajes que han ayudado al modelamiento del mismo. También se puede observar un afloramiento de los miembros órganos y finos de la Formación Bucaramanga.

EST's 20 a 25: Siguiendo por la Calle 45, pasando por la Carcel de Mujeres de Bucaramanga se llega a la zona industrial, cruzando hacia el Norte, vía al Café Madrid, y sobre esta vía se encuentran algunos afloramientos importantes donde

se pueden destacar en algunos (EST 21 y 23), características sedimentológicas, estratigráficas y tectónicas.

EST 26: En el norte de Bucaramanga, sobre la vía al mar, está la EST 26, ubicado al margen derecho en dirección oeste-este, sobre el Río Suratá, en uno de los terrenos pertenecientes a CEMEX. Allí se puede observar un afloramiento de la Formación Girón.

EST 27: Se ubica sobre la doble calzada que se está construyendo en la misma vía al Mar. Allí se puede observar unas vistas panorámicas que resaltan los lineamientos de las Fallas de Bucaramanga-Santa Marta y Suarez. Además, se pueden caracterizar fenómenos de remoción en masa a mayor escala.

EST 28: finalizando el recorrido, en el puente ubicado entre el Asilo San Rafael y el barrio Regaderos Norte, se encuentra la EST 28. Desde allí se puede observar nuevamente el paso de las fallas de Bucaramanga-Santa Marta y Suárez.

La ruta termina siguiendo por esta misma vía hacia el suroriente, pasando por La Virgen, para tomar la Calle 11 y llegar nuevamente a la portería de la carrera 27 de La Universidad Industrial de Santander.

3. DESCRIPCIÓN DE CADA ESTACIÓN DE INTERÉS GEOLÓGICO (EST)

EST 1. MIRADOR DEL PARQUE DE LAS AMÉRICAS.

Coordenadas Geográficas: X=1°107.587 Y=1°279.358 Z=1.106 m

Localización Geográfica: Este sitio de interés geológico se ubica sobre la Carrera 41 con Calle 40, frente al Edificio Montearroyo, en el Barrio Altos de Cabecera, en los conocidos cerros orientales de Bucaramanga.

Descripción:

Desde este sitio se puede observar hacia el límite occidental del área de estudio, en el cual se pueden diferenciar las geoformas que lo caracterizan como son: zona superior del abanico de Bucaramanga, donde está edificada la ciudad, y al fondo, el Cerro de Palonegro, en el que se encuentra el Aeropuerto que lleva su nombre y hacia su parte inferior, el valle del Río de Oro (**Figura 2**).



Figura 2. Vista panorámica hacia el límite occidental del Área de Estudio. Se reconoce el Cerro de Palonegro, Valle del Río de Oro y Zona superior del Abanico de Bucaramanga.

Geomorfológicamente, el Cerro de Palonegro y su altiplano constituye una Mesa Estructural o Plataforma según Julivert (1963) denominada Mesa de Lebrija, cuya parte alta es de baja pendiente y de relieve ondulado, bordeada por pendientes moderadas a escarpadas que oscilan entre 800 y 1000 msnm. Hacia la base de la Mesa de Lebrija, se observan planos declinados, severamente disectados por la erosión superficial, de forma aproximadamente triangular, que presentan rasgos estructurales asociados al trazo de la Falla del Suarez.

En el aspecto tectónico, son notorios algunos rasgos estructurales como son las facetas triangulares producto de la Falla del Suarez (**Figura 3**).

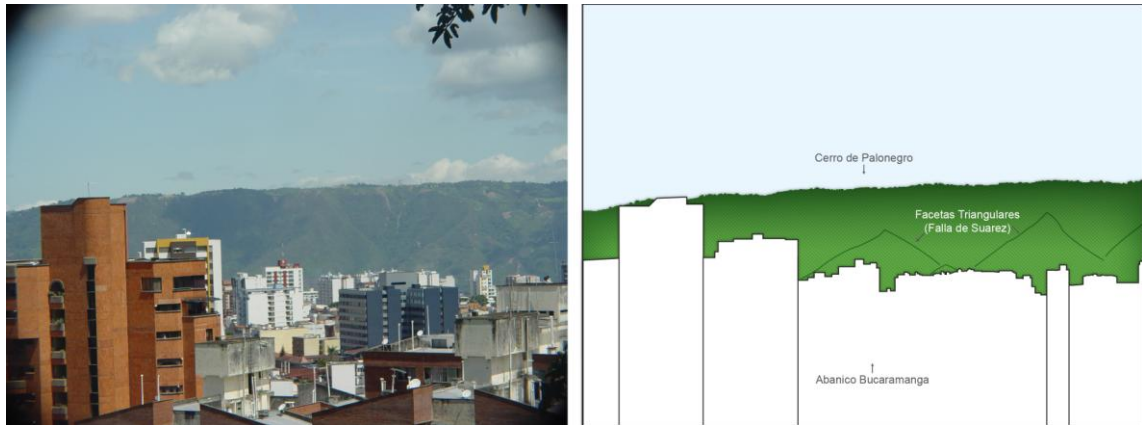


Figura 34. Geoformas observadas sobre el Cerro de Palonegro.

EST 2. ENTRADA AL BARRIO ALTOS DE PAN DE AZÚCAR

Coordenadas Geográficas: X= 1'108.068 Y= 1'278.232 Z=1.088 m

Localización Geográfica: Esta estación se localiza sobre la Carrera 50 con Calle 53 en el Barrio Altos de Pan de azúcar, frente al Edificio

Descripción:

En la figura 4, se observan las estribaciones del Macizo de Santander, consistentes en una serie de laderas de alta pendiente, conformadas por rocas ígneas y metamórficas que lo componen pertenecientes a las formaciones Neis de Bucaramanga y Silgará. La morfología desarrollada por las rocas ígneas es de laderas de forma convexa a recta y debido a las condiciones de alta humedad de la zona se desarrollan suelos arenosos. Las rocas metamórficas desarrollan una morfología de laderas rectas con terminación en forma de puntas en su parte superior (Iron Flats) a escalonadas, que reflejan la dirección de foliación de las rocas.



Figura 35. Vista panorámica del Macizo de Santander con los lineamientos del Sistema de fallas Bucaramanga-Santa Marta.

En este sector se evidencian varios lineamientos de la Falla de Bucaramanga-Santa Marta en dirección Sur-Norte, resaltándolo como sitio de interés geológico en el contexto tectónico.

El lineamiento 2 señalado en la figura 4, corresponde a la zona deprimida de una silla de montar que se puede observar desde el sur por el alineamiento de la

quebrada que cruza por esta zona, continuando hacia el norte atravesando el barrio Pan de Azúcar hasta encontrar la Quebrada el Dínamo, la cual muestra desviación en su orientación original y se observa un desplazamiento hacia el norte del bloque occidental. Este drenaje deflectado indica la existencia de una componente de movimiento horizontal sinextral de esta falla.

Otras evidencias de fallamiento como Escarpes de Falla (EF) declinados por procesos denudativos y disectados por los drenajes que fluyen en dirección Este-Oeste, así como ganchos de falla (GF) o lomos curvados y hombreras (HM) o divisorias de agua desplazadas con quiebres, demuestran desplazamiento de un bloque con respecto al otro y se asocian a fallas de rumbo.

Al Macizo de Santander se le considera como parte del basamento cristalino o núcleo de la Cordillera Oriental, compuesto de rocas precámbricas de alto grado de metamorfismo (Neis de Bucaramanga), rocas paleozoicas de medio a bajo grado de metamorfismo (Formaciones Silgará y Floresta Metamorfoseada) y rocas no metamorfoseadas del paleozoico tardío (Formación Floresta) (Ingeominas, 2005).

EST 3. MIRADOR DEL BARRIO ALTOS DE PAN DE AZÚCAR

Coordenadas Geográficas: X= 1°107.957 Y= 1°277.695 Z=1.047 m

Localización Geográfica: Este sitio se localiza en la Estación de Taxis de Pan de Azúcar, vía hacia el Barrio Terrazas.

Descripción:

Desde este punto se identifican diferentes geoformas, de acuerdo a la Figura 5, de izquierda a derecha, como el Macizo de Santander, los Cerros de Lagos del Cacique, la Mesa de Ruitoque, parte del abanico de Bucaramanga y la Mesa de Lebrija. Además se identifican problemas erosivos de gran trascendencia (Figura 6), haciendo una aproximación hacia el borde norte del barrio Lagos del Cacique, que aunque sus edificaciones son modernas, se encuentran en zonas de alto riesgo debido a flujos de detritos que han venido desestabilizando la zona.



El Macizo de Santander se caracteriza por ser una zona de relieve quebrado con pendientes fuertes a empinadas, cuya elevación oscila entre los 1.200 y 3.000 msnm. Seguido, se observa una silla de falla (SF) ubicada entre el Macizo de Santander y el Cerro de Lagos del Cacique originada por el trazo de una falla asociada al Sistema de Fallas Bucaramanga-Santa. Marta, la cual parece ser la continuación de la Falla identificada en la EST 2. En el Cerro de Lagos del Cacique, se encuentran principalmente depósitos Cuaternarios representados por la Formación Bucaramanga, en la que hacia la parte edificada de la ciudad, se observa a modo de plano inclinado hacia el occidente. Al fondo a la derecha de la

Figura 5, la Mesa de Ruitoque sobresale por su superficie plana en la cima conformada por areniscas de la Formación Tambor y por sus laderas de pendiente moderada a escarpada constituida por areniscas, limolitas y conglomerados de la Formación Girón.

Como se puede apreciar, todos estos elementos de relieve están constituidos por diferentes unidades litoestratigráficas que por su resistencia y composición han desarrollado relieves diversos con pendientes desde suaves a escarpadas.

Otro aspecto a resaltar es el hidrológico debido a que al norte del cerro de Cerro de Lagos del Cacique, se unen las Quebradas La Flora y El Cacique a la Quebrada la Iglesia, una de las Quebradas más importante del Área Metropolitana, que ha contribuido con el modelamiento del abanico y ha hecho gran aporte de sedimentos en el desarrollo de diferentes niveles de terrazas hacia la parte suroeste del abanico, en los barrios Diamante II, San Luis y cercanías del Terminal de Transportes de Bucaramanga, Dirección de Transito y CENFER.

Uno de los mayores problemas geológicos que presenta el Área Metropolitana de Bucaramanga debido a diferentes circunstancias, es el Fenómeno de Remoción en Masa y Deslizamientos, evidenciado en la figura 6 como un ejemplo de estos procesos erosivos al norte del Cerro Lagos del Cacique donde se observa un flujo de detritos, en el que es difícil detallar las componentes principales de este, ya que la vegetación no lo hace posible. Sin embargo, en la parte derecha se puede ver una corona con grietas concéntricas y semi-cóncavas, que además de indicar el sentido del movimiento, con un escarpe mediano en la parte alta que muestra la cantidad desplazada, generan desplomes verticales de suelo de manera continua, especialmente en temporada de lluvias. (GEMMA, 2007).

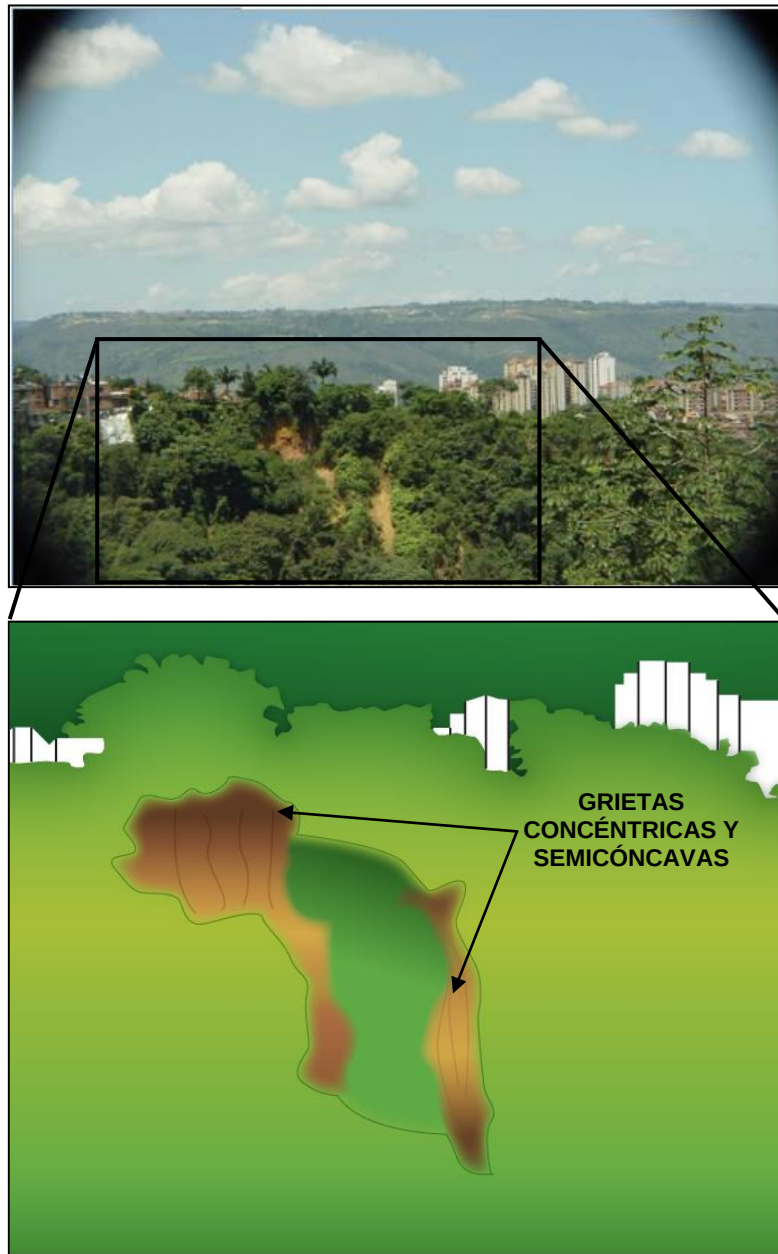


Figura 37. Imagen a detalle de procesos de remoción en masa hacia el borde norte del Cerro de Lagos del Cacique.

EST 4. UNIVERSIDAD DE SANTANDER (UDES)

Coordenadas Geográficas: X= 1°108.929 Y= 1°277.316 Z=1.099 m

Localización Geográfica: Este sitio se localiza en diferentes edificios de la Universidad de Santander (UDES) con vista hacia el suroccidente y noroeste de la Ciudad.

Descripción:

En esta estación se pueden observar varias evidencias de la acción del Sistema de Fallas de Bucaramanga-Santa Marta el cual se constituye como uno de los modeladores a grande escala que han intervenido en el desarrollo del paisaje del área de estudio. El Sistema de Fallas de Bucaramanga-Santa Marta tiene aproximadamente 600 Km de largo, extendiéndose desde el sur en Soápaga (Boyacá) hasta la costa Atlántica en la ciudad de Santa Marta. Otros rasgos neotectónicos que caracterizan la falla como de rumbo son los observados en la Figura 7, donde se pueden observar dos depresiones entre dos lomos, localizados en el piedemonte del Macizo de Santander, a través de las cuales pasa el trazo de pequeñas fallas asociadas al Sistema de Fallas Bucaramanga-Santa Marta.



Figura 38. Vista panorámica desde el Edificio Arahuaco hacia el Barrio Lagos del Cacique. Se pueden observar dos depresiones asociadas a lineamientos del Sistema de falla de Bucaramanga-Santa Marta y el Lago (Sag Ponds) del Parque de las Orquídeas que está alineado con la Falla Bucaramanga-Morrorrico.

Desde allí, también se puede observar el sector del barrio Lagos del Cacique, donde el lago del Parque de las Orquídeas, está alineado con una ramificación del mismo sistema de fallas. Este lago corresponde a una charca de falla producto de la actividad de la también llamada Falla Bucaramanga-Morrorrico, la cual tiene una velocidad de desplazamiento de unos 10 mm/año siendo la falla activa principal (Cambell *et al*, 1965). Las charcas de falla son depresiones asociadas a zonas de fallas de rumbo. Ocurren dentro de un conjunto de fallas paralelas, cuyos segmentos se traslapan, respondiendo a cambios de esfuerzos regionales. En los sitios donde los segmentos de falla divergen, el suelo podría hundirse en forma de una cuenca colgada. En este caso la subsidencia ha llevado la superficie del terreno a niveles inferiores al de la tabla de agua.

Desde el Edificio Guane, se pueden caracterizar los llamados Cerros Orientales de Bucaramanga que son los remanentes de eventos tectónicos generados por el Sistema de Fallas de Bucaramanga-Santa Marta (Figura 8 y 9).

Estos se caracterizan por ser de diferente composición litológica como son los cerros de Cabecera y Pan de Azúcar los cuales están compuestos por rocas ígneas; el Cerro Lagos del Cacique, hace parte de la Formación Bucaramanga, del Miembro Limos Rojos; el Cerro de la Cumbre, está conformado en su parte basal por las Formaciones Jordán y Girón, las cuales están cubiertas por los depósitos recientes de la Formación Bucaramanga. (Quintero, 2010). Estas características litológicas, muestran que el trazo de la Falla principal pone en contacto al Macizo de Santander con unidades Jurácicas (Cerros de Cabecera y Pan de Azúcar) y sedimentos cuaternarios del Abanico de Bucaramanga (Cerros de Lagos del Cacique y la Cumbre).

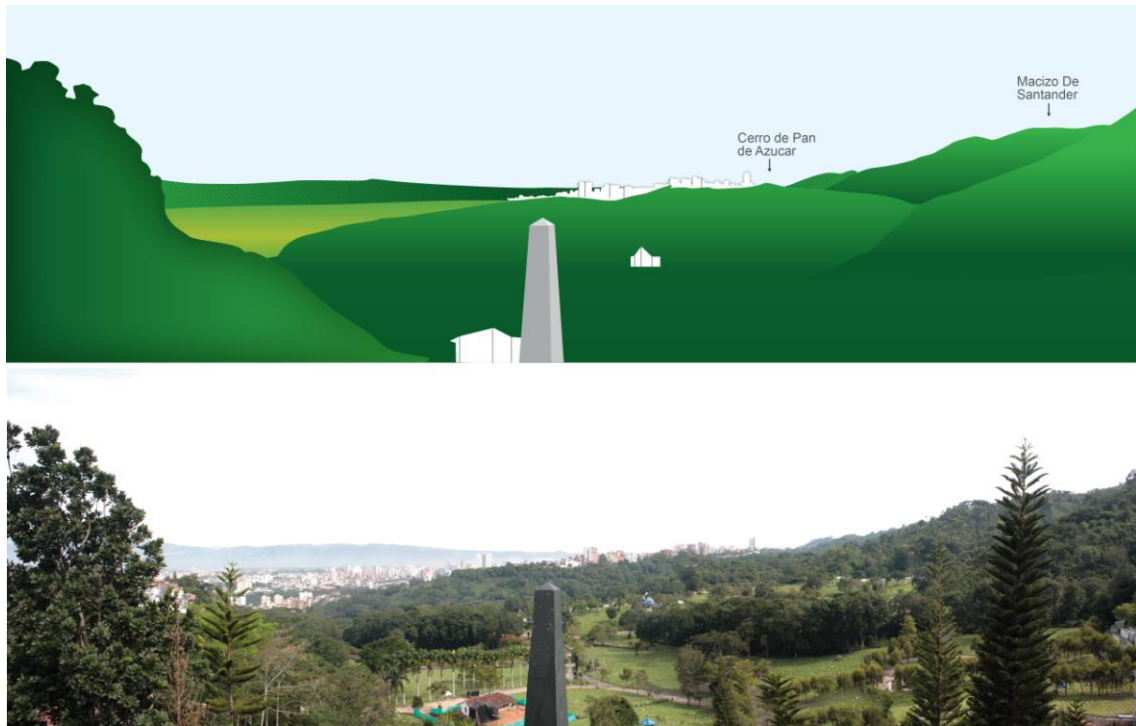


Figura 39. Vista panorámica desde el Edificio Guane (UDES) hacia el norte. Se observa los Cerros Orientales del área de estudio correspondiente a los Cerros de Cabecera y Pan de Azúcar.



Figura 40. Vista panorámica desde el Edificio Guane (UDES) hacia el sur. Se observa los Cerros Orientales del área de estudio correspondiente a los Cerros de Lagos del Cacique y La Cumbre.

EST 5. CARRERA 54 CON CALLE 74, BARRIO LAGOS DEL CACIQUE

Coordenadas Geográficas: X= 1°108.597 Y= 1°276.770 Z= 1.038 m

Localización Geográfica: Este sitio se localiza en la intersección de la Carrera 54 con la Calle 74 del Barrio Lagos del Cacique.

Descripción:

Desde este sitio se pueden observar otros rasgos estructurales (Figura 10) asociados al Sistema de Fallas Bucaramanga-Santa Marta, como consecuencia del levantamiento del Macizo de Santander y sus desplazamientos tectónicos verticales y laterales, cuyo resultado fueron lineamientos en la parte inferior de los valles y escarpes de falla en forma triangular, como evidencia de la presencia de esta falla al oriente del Área Metropolitana de Bucaramanga.



Figura 41. Vista panorámica desde la Carrera 54 con Calle 74 del Barrio Lagos del Cacique. Se reconocen Facetas Triangulares asociadas al trazo de la Falla de Bucaramanga-Santa Marta.

Las Facetas Triangulares son planos de falla que muestran el corte producido en una cadena montañosa cuando la falla se presenta en forma perpendicular a la dirección de dicha cadena. Tanto la parte hundida como la propia faceta tienen aspecto triangular. El proceso de formación comienza con el movimiento de la falla

que corta la superficie desarrollando un escarpe de falla, seguido del retrabajamiento de este escarpe (Lavenu, 2004).

EST 6. VÍA ANTIGUA BUCARAMANGA – FLORIDABLANCA, FRENTE AL COLEGIO METROPOLITANO DEL SUR

Coordenadas Geográficas: X= 1°108.161 Y= 1°275.163 Z= 906 m

Localización Geográfica: Afloramiento ubicado en la Vía antigua a Floridablanca, frente al Colegio Metropolitano del Sur.

Descripción:

Este afloramiento (Figura 11), consiste de intercalación de estratos de areniscas de color amarillo-naranja, de grano medio a grueso, arcillolitas limosas, limolitas y conglomerados de color rojo grisáceo. Estas capas presentan una orientación N63°W / 54°SW, bien definida por los planos de contacto entre las capas cuyos contactos son netos.



Figura 42. Afloramiento ubicado frente al Colegio Metropolitano del Sur. Corresponde su litología a la descrita Formación Girón.

Esta litología corresponde con la Formación Girón descrita en la primera parte del libro. Sin embargo se tomaron muestras representativas de los diferentes estratos de roca las cuales se observan en la Figura 12 y su descripción se detalla en la tabla 1.



Figura 43. Vista del afloramiento ubicado frente al Colegio Metropolitano del Sur. Ubicación de las muestras tomadas en campo.

Tabla 5. Descripción de las muestras de la figura 12.

NÚMERO	CÓDIGO	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	LKM6-1	Litarenita feldespática	Arenisca fina bien calibrada, con matriz arenolodosa, de granos muy angulares, contacto cóncavo convexo y contenido de Cuarzo, Feldespato y Micas.
2	LKM6-1	Arcosa	Arena lodosa bien calibrada, de grano fino y matriz lodosa, de granos subangulares, con contacto tangencial y contenido de Cuarzo y Feldespato.
3	LKM6-3	Litarenita	Conglomerado arenolodoso mal calibrado, con matriz gravo arenolodosa, de granos que varían de Guijas a arenas muy finas, con contacto flotante y contenido de cuarzo, Feldespato y Fragmentos de roca.

4	LKM6-4	Litarenita	Arenisca lodosa bien calibrada, con matriz arenolodosa, de granos de angulares a subangulares, con contacto cóncavo convexo y contenido de Cuarzo, Feldespato, fragmentos de roca y Micas
5	LKM6-5	Litarenita feldespática	Arenisca lodosa muy bien calibrada, con matriz arenolodosa, de granos finos a muy finos, de muy angulares a subangulares.

El afloramiento de la figura 13, muestra un movimiento de remoción en masa llamado caída de roca, el cual consiste en la caída de uno o más bloques de roca que se desprenden sin que a lo largo de esta superficie ocurra desplazamiento cortante apreciable, (GEMMA, 2007). Los bloques desprendidos consisten de conglomerados compuestos por guijos subangulares de cuarzo en una matriz arenolodosa de color rojo violeta, bien sementado.



Figura 44. Vista del afloramiento ubicado frente al Colegio Metropolitano del Sur. Se observa movimientos de remoción en masa como caída de roca.

EST 7. ENTRADA AL BARRIO LA CUMBRE

Coordenadas Geográficas: X= 1°110.026 Y= 1°274.511 Z= 1.043 m

Localización Geográfica: Estación ubicada metros delante de la intersección de la Transversal Oriental con el desvío de la Calle 30 hacia el Barrio La Cumbre.

Descripción:

En este sitio se puede observar un cambio en el relieve del macizo de Santander, el cual presenta cerros más redondeados con pendientes menos abruptas que los cerros vistos en la estación 2, indicando una menor resistencia a la erosión (Figura 14).



Figura 45. Vista panorámica desde la Entrada del Barrio la Cumbre, sobre la Carrera 43 con Calle 30. Se puede observar rasgos morfológicos del Macizo de Santander más locales, además de evidencias asociadas al trazo de la Falla de Bucaramanga-Santa Marta (línea punteada roja) como la Silla de falla.

Además, en la figura 14, se puede resaltar la continuidad del lineamiento del Sistema de Fallas de Bucaramanga-Santa Marta por medio de características tectónicas como son las sillas de falla, con base en los quiebres de pendientes que presentan una depresión tomando forma de cabalgadura o montura, situados en la cresta de los cerros y que son el resultado del desplazamiento vertical o subvertical de los planos de la falla.

EST 8. SALIDA DEL BARRIO LA CUMBRE

Coordenadas Geológicas: X= 1`109.206    Y= 1`273.944 Z= 1.038 m

Localización Geográfica: Esta EST se localiza sobre la Carrera 1 con Calle 32, junto a una estación de gasoducto.

Descripción:

Desde este sitio de interés, se observa la Mesa de Ruitoque (Figura 15), uno de los límites del área de estudio, que se caracteriza litológicamente con estratos horizontales pertenecientes a la Formación Girón (hacia la base) y Formación Tambor (hacia la parte superior). Se caracteriza por ser una zona de relieve ligeramente ondulado a plano en su parte superior y con pendientes en sus taludes laterales que varían de moderadas a fuertes, su elevación oscila entre los 950 y los 1.200 msnm (CER-UIS, 2001).

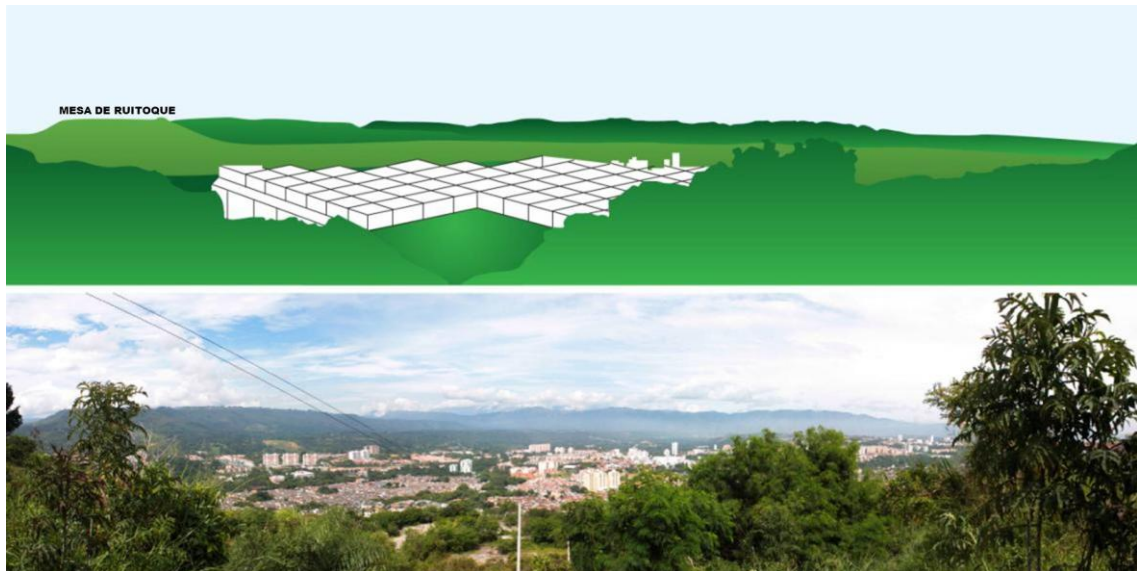


Figura 46. Vista panorámica desde la Carrera 1 con Calle 32 a la salida del Barrio la Cumbre. Se puede observar el límite sur del área de estudio correspondiente a la Mesa de Ruitoque.

Unos metros más hacia el norte, sobre la misma vía que conduce al Barrio Prados del Sur, se observa una panorámica (Figura 16), en la que se evidencia el trazo de la Falla de La Cumbre, la cual su lineamiento se marca por el cambio de sentido

en el cauce de la Quebrada Batatas. Esta falla presenta una dirección N-NW y es de tipo de rumbo sinextral (CER-UIS, 2000).



Figura 47. Vista panorámica tomada sobre la Carrera 45 a la entrada del Barrio Prados del Sur en inmediaciones del Restaurante Terrazas Mirador La Hacienda. Se puede observar el trazo de la Falla La Cumbre (Línea roja) por medio del desvío de la Quebrada Batatas (Línea azul).

En la Figura 17 se observa un bloquediagrama que muestra el desvío de los cauces por la acción de fallas de rumbo. Esto se convierte en una herramienta útil en el análisis de características asociadas a fallamiento en los cuales pueden mostrar el sentido de desplazamiento del mismo.

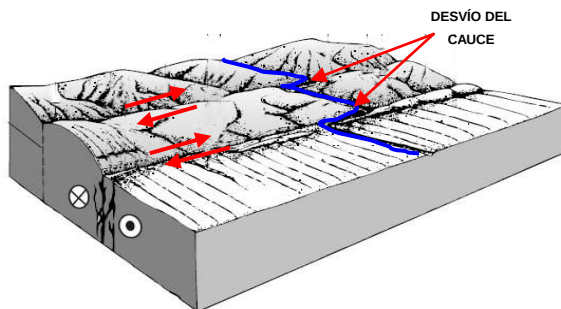


Figura 48. Bloquediagrama ilustrativo del desplazamiento de los cauces por la acción de fallas de rumbo. Modificado por Keller de Wesson *et al.*, (1975).

En la Figura 18, se puede ver otra evidencia de la acción de la Falla La Cumbre, la cual se trata de una zona tectonizada o brechificada. Cabe resaltar que estos rasgos estructurales no se encuentran en la actualidad debido a la acción antrópica por medio de construcciones de edificaciones (Esto se explica en detalle en la primera parte de este libro).

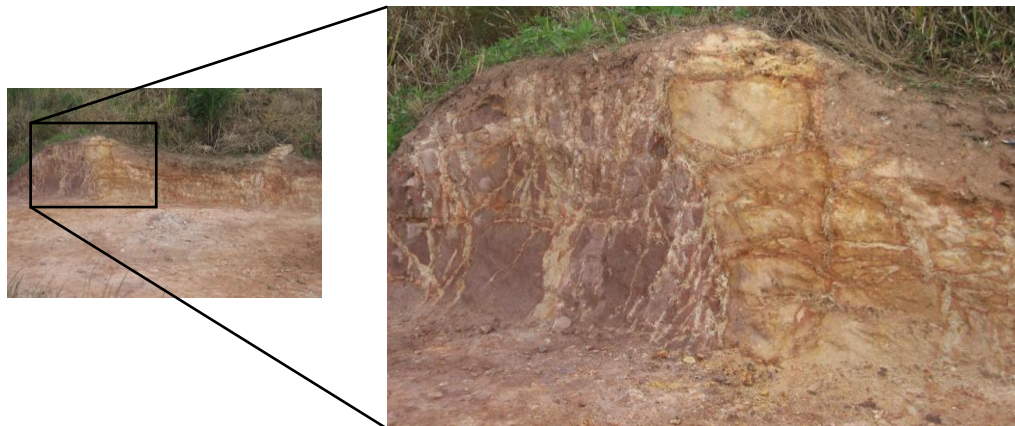


Figura 49. Fotografía ubicada en Carrera 45 a la entrada del Barrio Prados del Sur, en inmediaciones al Restaurante Terrazas Mirador La Hacienda. Tomado de Torres, 2009. Se observa una zona tectonizada correspondiente al paso de la Falla La Cumbre (Brechificación?).

El Cerro La Cumbre (Figura 19), es una combinación de rocas sedimentarias de las formaciones Girón y Jordán, con depósitos cuaternarios de la formación Bucaramanga. Esta elevación es considerada como un “cerro de obturación (CO)” o Shutter Ridge (Figura 20), elevado por la actividad neotectónica de la falla de Bucaramanga.



Figura 50. Vista panorámica del Cerro La Cumbre. Imagen tomada desde el Barrio Prados del Sur, sobre la Carrera 45.

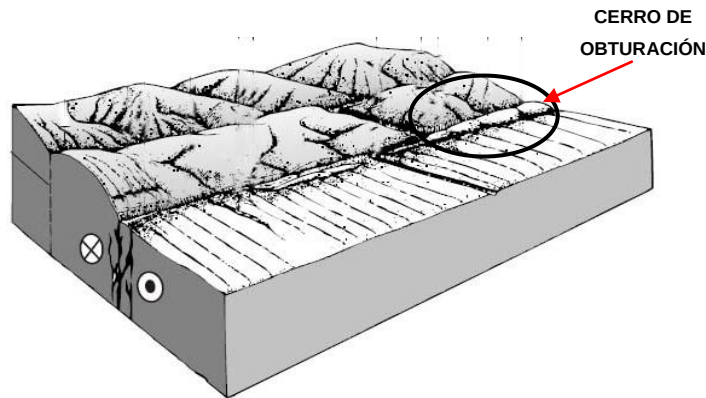


Figura 51. Bloquediagrama ilustrativo de un Cerro de Obturación generado por el trazo de una falla de rumbo.

Un Cerro de Obturación se refiere a una cresta o interfluvio desplazado lateralmente por movimiento lateral de una falla de rumbo activa que resulta en un bloqueo parcial o total de corrientes de agua con orientación más o menos perpendicular a la falla.

Además, en esta estación, se identifican dos tipos de deslizamientos como son el Deslizamiento Rotacional, Flujo de Escombros y reptación, los cuales se pueden caracterizar morfológicamente como se ve en las figuras 21 y 23 respectivamente. El proceso de formación y nomenclatura de un deslizamiento rotacional se observa en la figura 22, donde la superficie del mismo, ocurre internamente en el material, de forma cóncava o circular. Las salidas de las superficies circulares de rotura pueden ocurrir en diferentes partes del talud, dando lugar a superficies de rotura de talud, del pie de talud y base de talud. La velocidad de este tipo de deslizamiento varían de lenta a moderada ($< 1 \text{ m/s}$) y puede ser acelerada por exceso de fluído en tiempo invernal.

52.
de

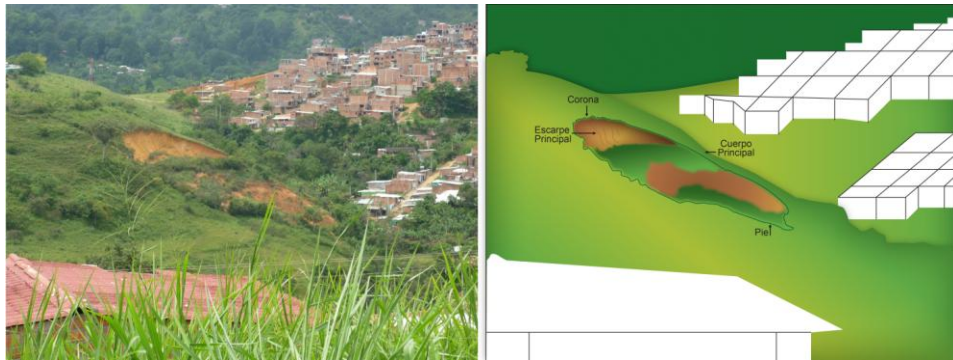


Figura
Vista de
detalle
un

deslizamiento rotacional en el cual se pueden identificar sus componentes. Imagen tomada desde el Barrio Prados del Sur sobre la Carrera 45 en dirección este.

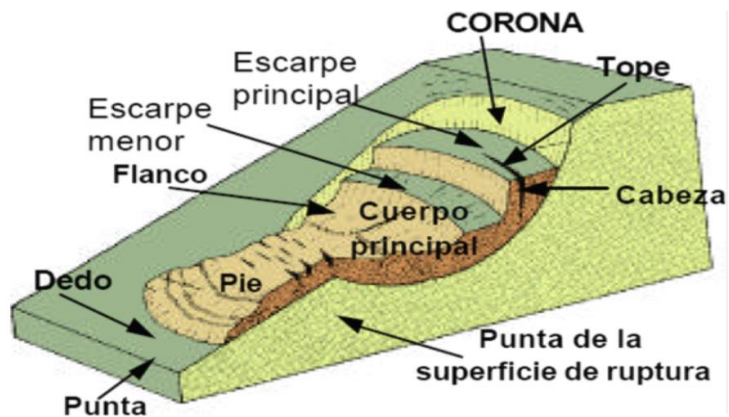


Figura 53. Nomenclatura de un deslizamiento rotacional.

En la Figura 23, se presentan otros dos tipos de fenómenos de remoción en masa denotados como flujo de escombros y reptación, en los que se distinguen algunas características morfológicas como grietas tanto en el escarpe del deslizamiento como sobre el terreno donde desarrolla el flujo de escombros. Además, se aprecia el pie del mismo movimiento en forma de cono de deyección.



Figura 54. Vista de detalle de un fenómeno de remoción en masa como flujo de escombros. Se observa el escarpe y el pie, además de algunos rasgos como estrías de movimiento. Imagen tomada desde el Barrio Prados del Sur sobre la Carrera 45 frente al Cerro La Cumbre.

El Flujo de escombros es un tipo de movimiento en masa que durante su desplazamiento exhibe un comportamiento semejante al de un fluido; puede ser rápido, lento, saturado o seco. Dichos fenómenos se dan en litologías poco competentes y el factor de humedad, sobre todo en temporada de lluvias, favorece la inestabilidad del talud (Figura 24).

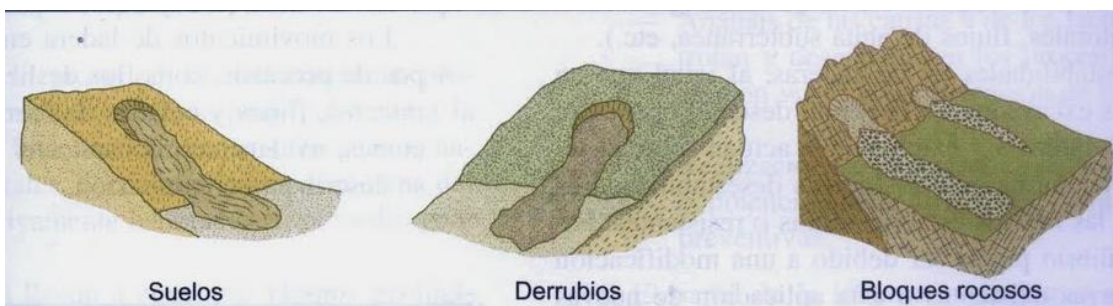


Figura 55. Imágenes ilustrativas de diferentes flujos con base en el material afectado. Modificado de Leandro, 2010.

En el caso de reptación, se presenta una deformación del suelo o roca como consecuencia de movimientos muy lentos por la acción de la gravedad. Se suele manifestar en la curvatura de las rocas y troncos de árboles, el corrimiento de las carreteras y la aparición de grietas (Figura 25).



Figura 56. Procesos de Reptación. **A.** Ladera en reptación. Sector Barrio La Cumbre. **B.** Esquema de reptación, según Corominas Dulcet y García Yagué, 1997.

En esta zona de la cumbre, como en muchas partes del Área Metropolitana se presentan asentamientos en zonas de alto riesgo, en este caso la parte que se urbanizó muestra señales de problemas de estabilización de taludes, que en temporada de lluvias el suelo se satura y es cuando se presentan los fenómenos de remoción en masa presentados anteriormente en la descripción de esta EST.

EST 9. VÍA ANTIGUA BUCARAMANGA - FLORIDABLANCA, CERCA AL BARRIO BUCARICA

Coordenadas Geográficas: X= 1°109.253 Y= 1°273.361 Z= 926 m

Localización Geográfica: Este afloramiento se encuentra sobre el flanco occidental del cerro La Cumbre, e la vía antigua Bucaramanga – Floridablanca, metros antes de llegar al Barrio Bucarica.

Descripción:

Este afloramiento (Figura 26) está compuesto por areniscas de grano medio a grueso, conglomerática de color amarillo pardo (Figura 27) intercalada con lodolitas de color rojo violeta, está altamente meteorizada.



Figura 57. Imagen panorámica del afloramiento ubicado sobre la vía antigua Bucaramanga-Floridablanca, cerca al Barrio Bucarica. Se observa caída de material altamente meteorizado, compuesto de areniscas conglomeráticas y limolitas color violeta.



Figura 58. Imagen de detalle de roca caída compuesta por arenisca conglomerática color amarillo rojizo. Afloramiento ubicado sobre la vía antigua Bucaramanga-Floridablanca, cerca al Barrio Bucarica.

En este sitio, se presenta un fenómeno de remoción en masa compuesto por caída de roca y finalmente flujo de detritos (figura 28A). Aquí se ve el desprendimiento del material tanto fino, por saturación de agua, como bloques de roca por acción mecánica del material consolidado (figura 28B). En este tipo de movimiento en masa el desprendimiento de suelo y roca de una ladera, ocurre sin desplazamiento cortante sobre la superficie. El movimiento es muy rápido a extremadamente rápido (Cruden y Varnes, 1996), es decir con velocidades mayores a 5×10^1 mm/s.

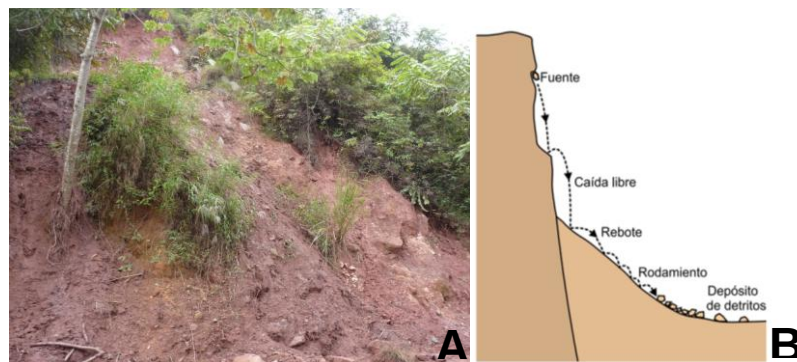


Figura 59. A. Imagen de un movimiento en masa compuesto por caída de roca y flujo de detritos. Afloramiento sobre la vía antigua Bucaramanga-Floridablanca, cerca al Barrio Bucarica. **B.** Imagen del proceso del tipo caída de roca. Tomado de GEMMA (2007).

EST 10. ANILLO VIAL, EMPRESA DE TELECOMUNICACIONES UNE

Coordenadas Geográficas: X= 1`106.016    Y= 1`272.630 Z= 823 m

Localización Geográfica: El sitio de interés se ubica en el Anillo Vial sobre el costado norte de la vía hacia Girón, desviando a la derecha a más o menos 200 m, contiguo a la empresa de telecomunicaciones UNE.

Descripción:

En este sitio se observa un afloramiento (Figura 29) en el cual están en contacto niveles de depósitos de gravas y bloques junto con arenas lodosas color rojizo. Los depósitos de gravas están débilmente consolidados, clastosoportados (60%) y granosoportados (40%), dispuestos en forma de capas gruesas, con espesores hasta de 10 m. El tamaño de los cantos varía entre 10 y 30 cm, alcanzando bloques mayores de 1 metro de diámetro. Estos se componen de fragmentos de rocas ígneas ácidas de textura fanerítica, neis micáceo de color naranja amarillento, areniscas conglomeráticas grises amarillentas a violeta, y cuarcitas de color gris claro (Figura 30). Todos los fragmentos tienen formas redondeadas a subredondeadas, esfericidad baja a media y mala selección.



Figura 60. Imagen panorámica del afloramiento ubicado en inmediaciones de la Empresa de Telecomunicaciones UNE sobre el costado norte del anillo vial vía a Girón. Se observa el contacto de niveles arenolodosos hacia la base y conglomerados hacia el tope.

Además se destaca en la figura 29, un esquema que ilustra los 3 niveles de base a techo como una intercalación de materiales arenolodosos y un nivel de gravas granocrecientes. El nivel arenoso superficial se encuentra altamente erosionado.

	Sublitarenita conglomerada, mal calibrada, de granos que van de guijas a arena media con esfericidad de muy angular a subangular, contacto longitudinal, de color gris amarillento con violeta.
	Cuarcita de color gris claro, con brillo mate a sedoso, maciza de grano medio a gruesa, sin muestra de foliación. Su composición es de 100% cuarzo.
	Neis de color naranja amarillento, con brillo mate estructura neisica de grano grueso muy alterada debido al retrabajamiento y transporte ya que son cantos conglomerado.
	Granitoide rico en cuarzo de color gris beige, de textura fanerítica.

Figura 61. Muestras de los cantos embebidos en el nivel de gravas en el afloramiento del anillo vial en inmediaciones de la empresa de Telecomunicaciones UNE.

Los materiales constituyentes en este afloramiento son correlacionables con el Miembro Órganos de la Formación Bucaramanga la cual ha sido caracterizada por la intercalación de los materiales finos y gravosos con propiedades similares a las descritas anteriormente.

EST 11. ANILLO VIAL. 50 m ADELANTE DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES (PTAR)

Coordenadas Geográficas: X= 1`104.572    Y= 1`272.780 Z= 778 m

Localización Geográfica: Este afloramiento se encuentra sobre el anillo vial, en el costado norte 50 m delante de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR).

Descripción:

En este sitio se observa un afloramiento (figura 31) con varias facies de depositación en las que se diferencian unos niveles de materiales finos que corresponden a arcillas arenosas y arenas arcillosas, de consistencia firme, ligeramente micáceas. Estos niveles parecen rellenando canales dando la apariencia de una intercalación; sin embargo, no presentan continuidad lateral. Los niveles de gravas, en la parte media del afloramiento, están mal seleccionados y los clastos son subredondeados a redondeados en matriz limoarenosa. Hacia el techo, se observa un nivel de gravas más ordenado, con una tendencia granocreciente, acunándose, indicando un cambio lateral de las facies.

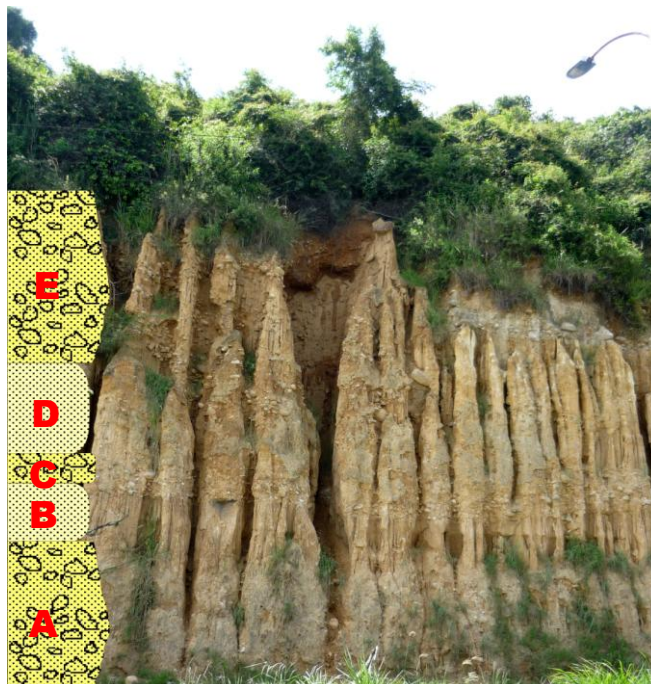




Figura 62. Afloramiento que exhibe niveles arenosos y de gravas discontinuos, sobre el costado norte del anillo vial vía Girón, a 50 metros delante de la PTAR.

Figura 63. Proceso de formación de los estoraques en un estado avanzado. Afloramiento ubicado en el costado norte anillo vial a 50 m delante de la PTAR.

La figura 33 muestra el proceso de formación de los estoraques en tres fases, indicando cómo la erosión a través del tiempo se encarga de degradar el afloramiento creando surcos, cárcavas y depresiones hasta llegar alcanzar los llamados estoraques.

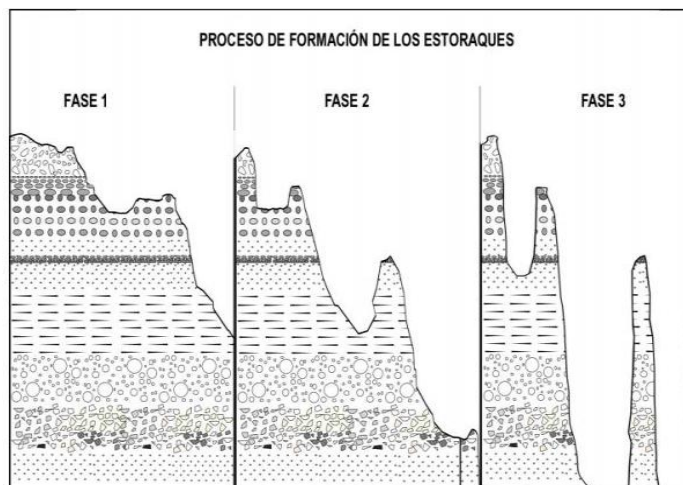


Figura 64. Esquema de formación de los estoraques. Tomado de (Suarez *et al.*, 2009).

EST 12. ANILLO VIAL

Coordenadas Geográficas: X= 1`103.388    Y= 1`272.579 Z= 738 m

Localización Geográfica: Afloramiento ubicado sobre el costado norte del anillo vial 1 Km delante de la estación anterior.

Descripción:

Este afloramiento consta de una intercalación de facies arenolodosas con niveles de gravas matrizsoportados y clastosoportados con disposición subhorizontal. Los niveles de gravas (figura 34) son matrizsoportados con clastos de tamaño más pequeño y subredondeados a redondeados embebidos en matriz lodoarenosa. Los niveles finos presentan geometría lenticular sin presentar continuidad lateral. También se puede destacar que hacia el tope los niveles van disminuyendo su espesor.

En la tabla 2 se describen con mayor precisión los niveles que componen este afloramiento, basados en el esquema de la figura 34.



Figura 65. Intercalación de niveles finos con niveles gravosos matrizsoportados. Afloramiento ubicado sobre el costado norte del anillo vial vía Girón.

Tabla 6. Descripción de los niveles correspondientes a la EST 12

NIVEL	DESCRIPCIÓN
F	Nivel gravoso granocreciente, moderadamente seleccionado, con clastos subredondeados a redondeados, dentro de una matriz arenolodosa de color amarillo.
E	Nivel arenolodoso de color amarillo.
D	Nivel gravoso granocreciente, moderadamente seleccionado, con clastos subredondeados a redondeados, dentro de una matriz arenolodosa de color amarillo.
C	Nivel arenolodoso de color amarillo.
B	Nivel gravoso granocreciente, moderadamente seleccionado, con clastos subredondeados a redondeados, dentro de una matriz arenolodosa de color amarillo.
A	Nivel arenolodoso de color amarillo.

Este afloramiento se puede destacar geomorfológicamente de acuerdo al avance de los procesos denudativos que lo afectan, incrementándose su desarrollo gracias a la acción de las lluvias generando así procesos de erosión laminar, en surcos y cárcavas hasta finalmente dar lugar a la formación de estoraques. La figura 35 es un buen ejemplo de este proceso erosivo, el cual consta del escarpe que está siendo erosionado en surcos y cárcavas, formando una especie de media luna, indicando un grado avanzado de erosión seguida de una planicie que a causa de la naturaleza de los materiales que componen esta zona forman las llamadas “bad lands”.



Figura 66. Vista panorámica de las formas de erosión del suelo por la lluvia y escorrentía. Afloramiento costado norte anillo vial vía Girón.

EST 13. ANILLO VIAL

Coordenadas Geográficas: X= 1`102.970    Y= 1`272.527 Z= 743 m

Localización Geográfica: Este sitio se ubica en el costado norte del anillo vial vía Girón, 50m delante de la EST 12.

Descripción:

La organización de este afloramiento, como se observa en la figura 36, está dispuesta por niveles arenolimosos con la presencia de un nivel de gravas más potente seguido de un nivel matrizsoportado con clastos de menor tamaño hacia el techo y sin geometría definida. También se puede observar la distribución de los niveles que componen este afloramiento en el esquema junto a esta figura y su descripción en la tabla 3.



Figura 67. Distribución de facies del afloramiento con esquema de los niveles que lo componen.
Costado norte Anillo Vial vía Girón.

Tabla 7. Descripción de los niveles correspondientes a la EST 13

NIVEL	DESCRIPCIÓN
E	Nivel de arenas conglomeráticas, moderadamente bien seleccionadas, con clastos subredondeados a redondeados, de color amarillo.
D	Nivel de gravas, moderadamente bien seleccionados, con clastos subredondeados a redondeados, alineados.
C	Lente arenolimoso de grano fino a medio de color amarillo.
B	Nivel de gravas, moderadamente bien seleccionados, con clastos subredondeados a redondeados, alineados.
A	Nivel arenolimoso de grano fino de color amarillo.

En la figura 37 (escarpe de erosión), se puede resaltar la configuración de facies, la cual presenta un nivel más potente de materiales de fracción grava, compuesto por clastos subredondeados a redondeados con gradación normal, embebidos en matriz arenolodosa. Un nivel arenolodoso de geometría lenticular interrumpe parcialmente la secuencia granodecreciente.



Figura 68. Afloramiento con un nivel potente de gravas el cual se interrumpe parcialmente por un nivel arenolodoso. Costado norte Anillo Vial vía Girón.

Adicionalmente, en este afloramiento se puede resaltar la disposición de los clastos y el contacto entre los niveles de materiales finos y la fracción gravosa, los cuales pueden ser de gran ayuda en la interpretación de las condiciones de sedimentación. En la figura 38 se puede observar por medio de las flechas rojas la

orientación del eje principal de los clastos, que muestran a su vez un comportamiento de imbricación entre ellos y su identificación permite medir el sentido de la corriente en dirección N 32° W (Flecha negra). El grado de esfericidad de estos clastos varía, presentándose una mezcla de clastos esféricos y no esféricos. El contacto entre el nivel gravoso y el nivel de material arenolodoso indicado con la línea azul, es erosivo.

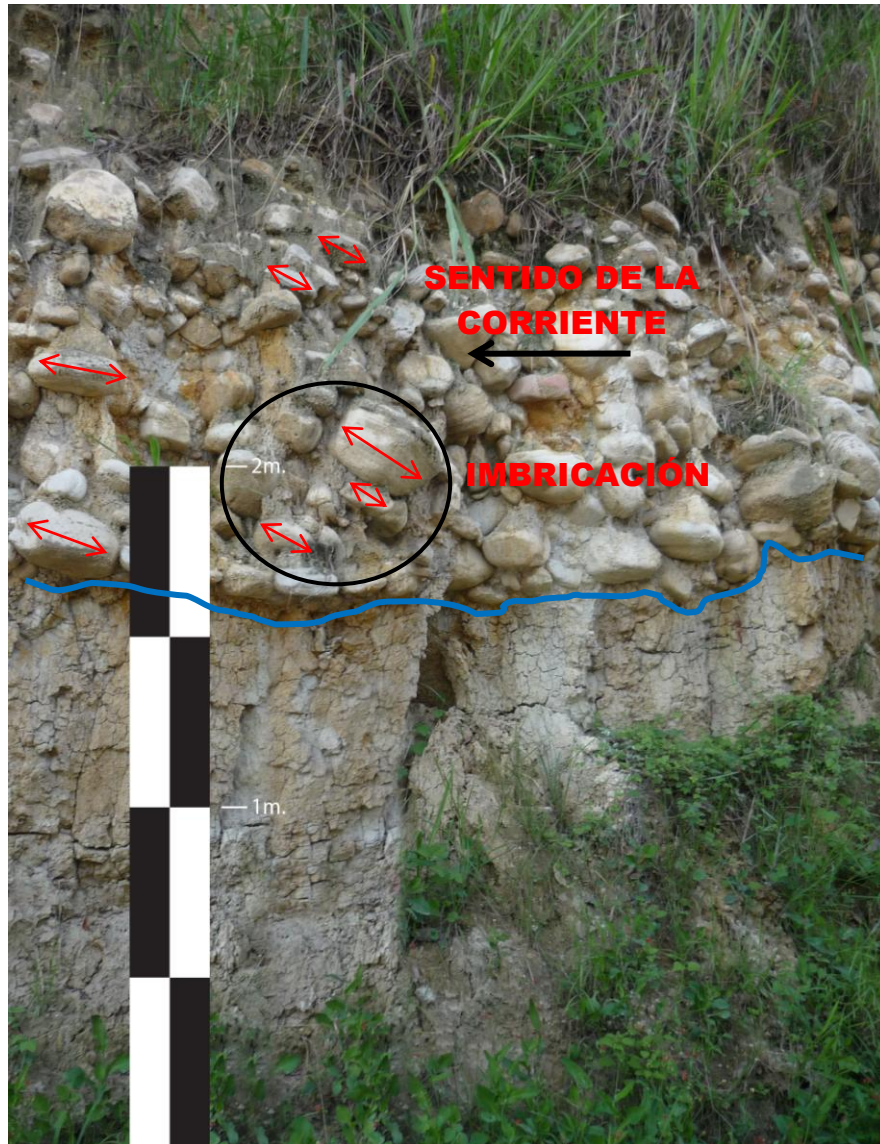


Figura 69. Características sedimentológicas en la depositación de las gravas. Las flechas rojas indican la dirección del eje principal de los cantos; La flecha negra, indica el sentido de la corriente que depositó estos cantos; el círculo negro, muestra imbricación entre los clastos; y la línea azul, el contacto erosivo entre los clastos y el nivel arenolimoso.

En este afloramiento se puede concluir que por medio del análisis de la dirección de aporte y la composición de los materiales que lo conforman, indican como fuente primaria de formación del abanico, el Macizo de Santander.

EST 14. VIA PRINCIPAL BUCARAMANGA - GIRÓN

Coordenadas Geográficas: X= 1°101.880 Y= 1°274.998 Z= 736 m

Localización Geográfica: Este sitio se ubica sobre la vía principal (margen derecha) de Bucaramanga y Girón, entre el Hotel San Juan de Girón y la empresa Metalteco.

Descripción: En este sitio se puede observar un afloramiento (escarpe de erosión) con intercalación de niveles de sedimentos finos a modo de lentes que no representan continuidad lateral con niveles gravosos matrizsoportados con clastos subredondeados a redondeados (Figura 39).



Figura 70. Afloramiento con intercalación de niveles finos con niveles gravosos. Hacia la parte superior se observa el grado de erosión de los depósitos arenosos que ya están en estado avanzado como son en surcos y cárcavas.

En la parte superior de la figura 39 el nivel arenolodoso tiene una geometría lenticular y no tiene continuidad lateral, además se encuentra en un estado de erosión alto con presencia de surcos y cárcavas.

Geomorfológicamente, se puede observar que en este sitio se ha llevado un proceso de mitigación de riesgo en cuanto al tratamiento que se le ha realizado al afloramiento para evitar en tiempos de invierno un mayor impacto en la erosión de

estos materiales que lo componen y por esto se observa un corte vertical en su ladera y al lado izquierdo de este, las plantaciones para evitar el flujo muy rápido de la esorrentía. (Figura 40).



Figura 71. Afloramiento con manejo del talud para evitar grandes impactos en el proceso erosivo por esorrentía. Costado Norte vía Bucaramanga-Girón junto al Hotel San Juan de Girón.

EST 15. VÍA PRINCIPAL BUCARAMANGA – GIRÓN, FRENTE A CENFER

Coordenadas Geográficas: X= 1`102.409    Y= 1`274.913 Z= 748 m

Localización Geográfica: Este afloramiento se ubica al costado norte vía Bucaramanga – Girón, frente a CENFER.

Descripción:

Este sitio está compuesto por niveles más potentes de arenas con gravas, matrizsoportados. Los clastos son subredondeados a redondeados y están embebidos en matriz arenolodosa.

Geomorfológicamente, se observa un estado de erosión avanzado en cual se pueden identificar diferentes etapas de la erosión hídrica pluvial, siendo este el mayor agente modelador en esta zona. Estas características se ilustran en la figura 41, donde es evidente los surcos, cárcavas y columnas moldeadas siendo este rasgo el resultado final de la formación de estoraques.



Figura 72. Afloramiento de niveles arenosos con gravas con avanzado proceso erosivo. Se observan surcos, cárcavas y estoraques.

En la figura 42 se exhiben, con las flechas rojas, algunos espacios dejados por cantos que anteriormente estaban presentes debido al retroceso del talud por la acción hídrica y la gravedad, en la cual disminuye su punto de apoyo, desprendiéndose en caída libre de estos bloques.



Figura 73. Imagen de las huellas dejadas por la acción hídrica y la gravedad en el proceso erosivo presente en este sector de la ciudad y que es susceptible por la naturaleza de los materiales que la componen.

A continuación, en la figura 43, se ilustra en detalle las diferentes formas admitidas por la erosión a medida que pasa el tiempo y los agentes denudativos son más intensos. En la gráfica superior izquierda, se observa las columnas con bloques de rocas más resistentes a la acción de las lluvias a modo de “sombrosos” que sirven como protección al desgaste. En la gráfica inferior izquierda, la columna ya perdió su “sombrero” lo que hace que esté más expuesta y tienda a desaparecer.



Figura 74. Estados de formación de los estoraques. Afloramiento frente a CENFER.

EST 16. INTERCAMBIADOR JORGE ALBERTO CHAVEZ

Coordenadas Geográficas: X= 1`105.124    Y= 1`275.986 Z= 880 m

Localización Geográfica: Este sitio se ubica metros adelante del puente El Bueno, en el intercambiador Jorge Alberto Chávez.

Descripción:

En este sitio se pueden observar tres afloramientos con características similares en la composición. En el primer afloramiento (figura 44) se nota un nivel de material arenolimoso con geometría lenticular sin continuidad lateral; los niveles más competentes son de areniscas con gravas, matrizsoportadas con clastos subredondeados a redondeados.



Figura 75. Afloramiento compuesto por arenas con gravas, matrizsoportadas, con clastos subredondeados a redondeados (**A** y **C**), con un nivel arenolodoso con geometría lenticular y sin continuidad lateral (**B**). Este afloramiento se ubica en el costado norte de la Avenida Metropolitana a 150 m del puente El Bueno.

Este afloramiento también sirve de ejemplo del proceso erosivo que afecta este tipo de depósito como se muestra en la figura 45. En este caso la erosión está en los estados iniciales donde ha afectado los sedimentos más finos los cuales presentan menor resistencia dando lugar a que los niveles más gruesos o más resistentes sirvan como protección a modo de “sombbrero”.



Figura 76. Ejemplo de estado no tan avanzado de erosión, en el cual se empiezan a formar los “sombberos” a modo de protección.

El segundo y tercer afloramiento son muy similares en composición y en su geomorfología debido a que han sido intervenidos por acción antrópica para la estabilización de sus taludes (figura 46 y 47 respectivamente). Sin embargo, en el afloramiento 3 (Figura 47) se observa un nivel de gravas con cantos de mayor tamaño. Los niveles de arenas con gravas presentes en los dos afloramientos son de color amarillo naranja, matrizsoportadas, con clastos subredondados a redondeados, compuestos en su mayoría de fragmentos de rocas ígneas ácidas de textura fanerítica, neis micáceo, esquisto, conglomerados, lodolitas violáceas y cuarzo lechoso.

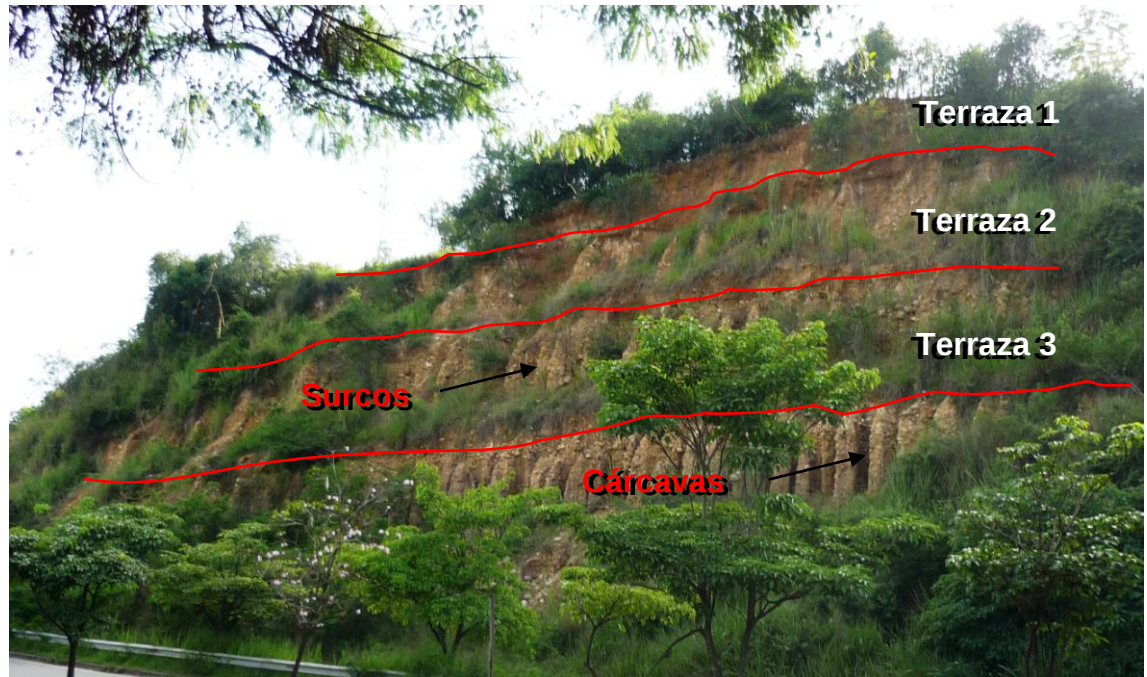


Figura 77. Afloramiento compuesto de arenas con gravas sin geometría definida. Las líneas rojas indican las diferentes terrazas que fueron construidas para la mitigación del riesgo por erosión del talud en época invernal. También se identifican surcos y cárcavas en los diferentes niveles de las terrazas.



Figura 78. Afloramiento compuesto de arenas con gravas sin geometría definida. Se identifica un nivel con gravas de mayor tamaño en la parte superior de la segunda terraza hacia abajo. Las líneas rojas indican las diferentes terrazas que fueron construidas para la mitigación del riesgo por erosión del talud en época invernal. También se identifican surcos y cárcavas en los diferentes niveles de las terrazas.

En este sector se han tomado medidas de mitigación de los taludes para disminuir la acción del agua en el proceso erosivo como son la construcción de terrazas los cuales disminuyen la velocidad del flujo del agua por escorrentía (Figura 46 y 47). Cabe destacar que ya presentan características erosivas como surcos y cárcavas (figura 46).

Es importante destacar en este sitio características sedimentológicas de depositación como es la imbricación (figura 48), la cual exhibe la dirección de la corriente de N 30° W.



Figura 79. Imbricación. Las líneas rojas muestran la orientación de los clastos en un sentido preferencial lo que muestra el sentido de la corriente.

Para este sector de la avenida Metropolitana, se debe recalcar que hacia el norte, sobre estas laderas se ubican los barrios Los Estoraques, Monterredondo y un nuevo barrio en desarrollo La Gran Ladera los cuales representan un riesgo por el alto grado erosivo de los materiales que componen esta área.

EST 17. AVENIDA EL PAPA – CONJUNTO RESIDENCIAL PLAZUELA REAL

Coordenadas Geográficas: X= 1`105.371    Y= 1`276.193 Z= 917 m

Localización Geográfica: Este sector se ubica en la curva de la Avenida El Papa en inmediaciones del Conjunto Residencial Plazuela Real, que conduce del barrio Ciudadela Real de Minas hacia el Terminal de Transportes.

Descripción:

En este sector se pueden destacar varios horizontes de diferente composición como se describen a continuación de techo a base:

Un nivel de limos naranja rojizos de aproximadamente 7m de espesor (figura 49) en contacto con un nivel de espesor aproximado de 22 m, matrizsoportado de gravas subangulares a redondeadas embebidas en una matriz limoarenosa de color amarillo rojiza. Los clastos (figura 50A) son de composición cuarzoarenosos de grano grueso y medio con 100% contenido de cuarzo y <1% contenido de micas. Los clastos muestran una gradación normal donde hacia la base son de mayor tamaño (>30cm) que hacia el contacto con el nivel de limos rojos (<10 a 20 cm) (figura 50B y C, respectivamente). El contacto entre estos dos niveles es erosivo.



Figura 80. Contacto entre niveles de limos rojizos con gravas embebidas en matriz limoarenosa de color naranja. Afloramiento costado este de la Avenida El Papa hacia el Terminal de Transporte.

Este sitio puede ser un buen ejemplo del inicio de la erosión donde los materiales finos y rocas están dispuestos al azar y el agua lluvia aún no ha afectado lo suficiente los sedimentos menos resistentes a la erosión hídrica (Figura 49).



Figura 81. Descripción y tamaño de los clastos del nivel gravoso. **A.** Descripción de los clastos. **B.** Clastos de más de 30 cm. **C.** Clastos de menos de 10 cm a 20 cm. Afloramiento Avenida El Papa que conduce hacia el Terminal de Transportes.

Siguiendo por la Avenida El Papa en dirección oeste, se encuentra un nuevo contacto (figura 51) entre el nivel de gravas y otro nivel de espesor aproximado de 22 m, compuesto por material de arenas finas con presencia de arcillas, ligeramente micáceas, con algunos lentes de gravas (figura 52) y con algunas estructuras internas como laminación convoluta (figura 53) y laminación plana paralela cruzada y ondulosa de continuas a discontinuas; los contactos son netos planos y suavemente ondulado.



Figura 82. Contacto entre nivel gravoso y nivel de arenas finas con presencia de arcillas.
Afloramiento sobre costado norte Avenida El Papa.



Figura 83. Lente de gravas dentro del nivel de arenas finas. Costado norte Avenida El Papa que conduce al Terminal de Transportes.



Figura 84. Laminación convoluta en un lente arcilloso dentro del nivel de arenas finas. Afloramiento costado norte Avenida El Papa hacia el Terminal de Transportes.

La laminación convoluta consiste en una disposición de las láminas contorsionadas y replegadas dentro de un estrato. Su génesis se explica por el deslizamiento de sedimentos plásticos y deformación de carga simultánea. Es más común en lentes de arena o limo en un amplio rango de ambientes.

Continuando por la misma Avenida El Papa hacia el occidente en dirección al Terminal de Transportes, encontramos el Parque Sol de los Estoraques, en el cual se puede inferir que en este sitio se encuentra el contacto entre el nivel de arenas finas con el nivel de materiales compuestos por bloques y cantos subredondeados a redondeados en matriz areno gravosa, con niveles areno limosos con geometría lenticular descrito a detalle en la EST 16, en inmediaciones del intercambiador Jose Alberto Chávez (figura 54).



Figura 85. Posible contacto entre el nivel de arenas finas y nivel de gravas con presencia de lentes arenolodosos. Parque Sol de los Estoraques.

En conclusión para este sector, se pudo describir en detalle cuatro niveles que se correlacionan con la Formación Bucaramanga y sus correspondientes miembros de base a techo, Órganos, Finos, Gravoso y Limos Rojos, los cuales se pueden observar a detalle en la Columna Estratigráfica levantada sobre el costado norte de la Transversal Metropolitana en sentido oriente-occidente, desde el conjunto residencial Plazuela Real hasta el intercambiador José Alberto Chávez (**Figura 55**).

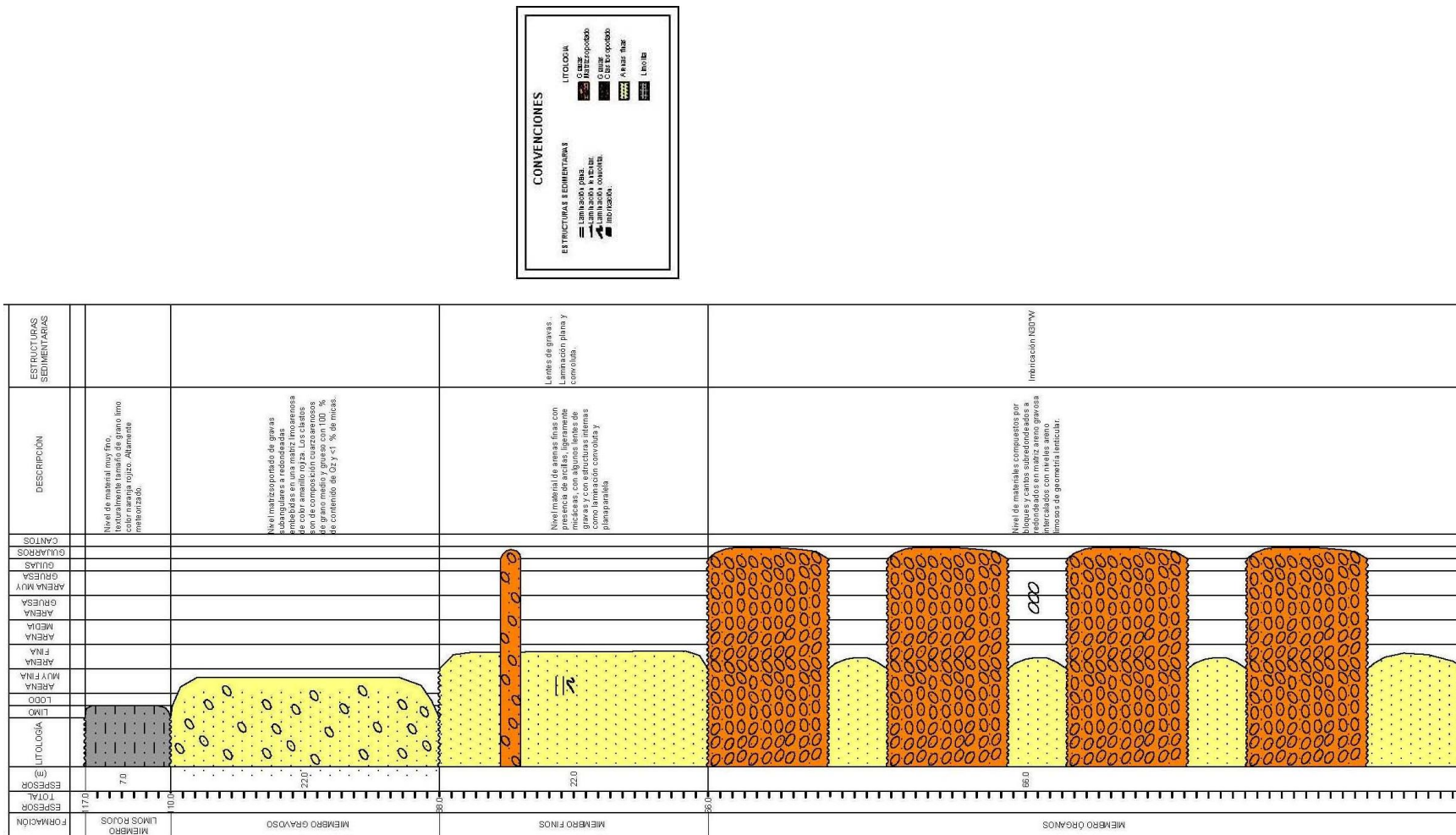


Figura 86. Columna estratigráfica de la Formación Bucaramanga levantada en el sector de la Avenida El Papa.

EST 18. CALLE 45, SALIDA DEL BARRIO QUINTA ESTRELLA

Coordenadas Geográficas: X= 1`103.169    Y= 1`276.776 Z= 863 m

Localización Geográfica: Este sitio de interés se ubica sobre la Calle 45, al costado norte, 200 m hacia el occidente de la estación de buses del barrio Quinta Estrella.

Descripción:

En esta estación se pueden observar los diferentes niveles descritos en forma detallada en la EST 17 (figura 56A y B). Adicionalmente, se puede destacar como sitio de interés geológico en el contexto geomorfológico, por presentar diversos procesos denudativos que han contribuido en el desarrollo de este paisaje y exhiben una configuración excepcional del escarpe del abanico de Bucaramanga. En general, el sector de la Calle 45, conforma un brazo del abanico de Bucaramanga modelado por las Quebradas La Joya hacia el norte y La Rosita hacia el sur, las cuales se unen antes de la vía Chimitá – Café Madrid para finalmente confluir al Río de Oro, siendo este uno de los factores más determinantes en el modelamiento de este sector junto con otras quebradas importantes en la ciudad (figura 57).



Figura 87. Panorámicas que resaltan los niveles de base a techo como órganos, finos, gravoso y limos rojos.



Figura 88. Panorámica en dirección norte en la cual se observa las Quebradas Seca y La Joya.

Los factores más determinantes en el proceso morfodinámico de este sector son las quebradas que han disectado las diferentes cuchillas y la escorrentía que han dado lugar a un tipo de drenaje dendrítico (figura 58) y ha afectado los materiales inconsolidados que componen la geología de este sector erosionándolos dando lugar a surcos y cárcavas (Figura 59).



Figura 89. Drenaje dendrítico generado a causa de la erosión hídrica de los materiales inconsolidados que van generando los canales de flujo a medida que se van desgastando. Esto se presenta en el sector que comprende el escarpe occidental del abanico de Bucaramanga.



Figura 90. Formas de erosión hídrica en surcos y cárcavas.

Los diferentes niveles observados en esta estación, al igual que en la EST 17, se pueden correlacionar con los miembros de la Formación Bucaramanga y para este sector es muy notorio el efecto de la acción hídrica la cual a medida que va erosionando los materiales inconsolidados, forma un patrón de drenaje dendrítico.

EST 19. CALLE 45, SALIDA DEL BARRIO QUINTA ESTRELLA

Coordenadas Geográficas: X= 1`103.251 Y= 1´276.617 Z= 853 m

Localización Geográfica: Este afloramiento está ubicado en el costado sur sobre la Calle 45 aproximadamente a 600 m desde el barrio Quinta Estrella, a 100 m delante de la EST18.

Descripción:

En este afloramiento (figura 60), se encuentra de base a techo unos niveles de gravas matrizsoportados en una matriz arenosa de textura fina con clastos redondeados de 30 a 60 cm. Con niveles de material más fino de un espesor aproximado de 50 cm. Seguido de un depósito de gravas con variación de facies laterales, donde hacia el occidente se presentan los clastos de mayor tamaño. Finalmente hacia el techo se observa un nivel limoarenoso. Todos los estratos están dispuestos subhorizontalmente y contienen internamente laminación planoparalela. Geomorfológicamente, estos taludes han sido tratados con terrazas o bancales a propósito de la construcción de esta vía, con el fin de evitar su desgaste al erosionarse en tiempos de invierno intenso.



Figura 91. Disposición de los niveles que componen el afloramiento de base a techo niveles de gravas, niveles finos, nivel de gravas y nivel limoarenoso. Además se puede observar las diferentes terrazas artificiales.

En esta estación los diferentes niveles observados corresponden al Miembro Órganos de la Formación Bucaramanga.

EST 20. VÍA CHIMITÁ – CAFÉ MADRID

Coordenadas Geográficas: X= 1°101.680 Y= 1°278.137 Z= 710 m

Localización Geográfica: Esta estación se ubica en la cantera de agregados pétreos sobre la vía Chimitá – Café Madrid.

Descripción:

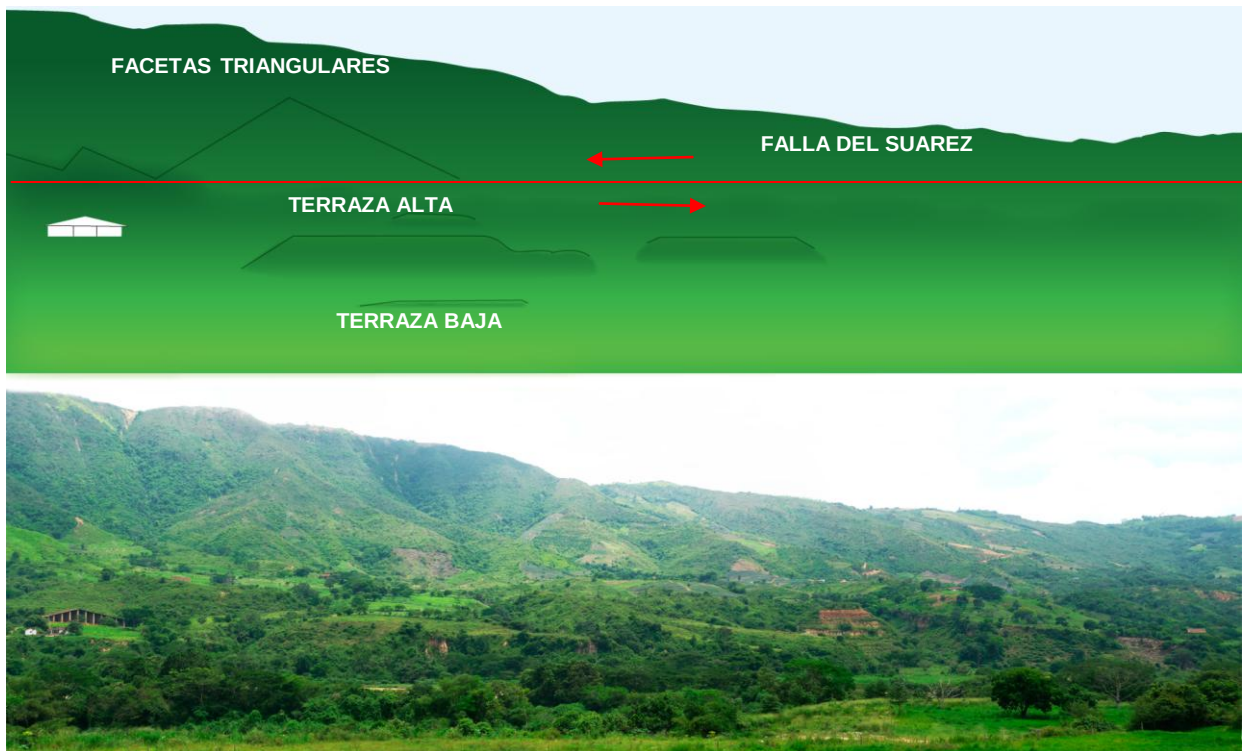
Desde este sitio se puede observar hacia el occidente donde se localiza el límite del área de influencia de este estudio. Hacia este sector, se distinguen varios rasgos de diferente aspecto geológico que involucra procesos que han estado presentes en el desarrollo de esta zona (figura 61). En general este sector está constituido por el Cerro de Palonegro y el Valle del Río de Oro. Geológicamente, la Mesa de Lebrija está compuesta por areniscas y limolitas de la Formación Girón, la cual la disposición de sus estratos con buzamiento alto es observable cerca al túnel en el Café Madrid (figura 62A y B). Asimismo se pueden resaltar los depósitos aluviales asociados al Río de Oro como son de terrazas bajas y altas (figura 63), las cuales corresponden a antiguas llanuras de inundación de las corrientes de este río ubicadas principalmente en las márgenes del mismo.



Figura 92. Rasgos geológicos del sector oeste del área de estudio compuesto por el Cerro de Palonegro (Mesa de Lebrija), Valle del Río de Oro, Depósitos aluviales asociados al Río de Oro y Falla del Suarez. Costado oeste vía Chimitá – Café Madrid, junto a una cantera de agregados pétreos.



Figura 93. Areniscas de la Formación Girón expuestas al margen izquierdo del Río de Oro cerca al Túnel en el barrio Café Madrid. **A.** Afloramiento de los planos de estratificación de las areniscas. **B.**



Intercalación de estratos de areniscas con lodolitas de la Formación Girón con buzamiento alto.

Figura 94. Terrazas aluviales bajas y altas asociadas al Río de Oro. Rasgos estructurales asociados al trazo de la Falla del Suárez.

Geomorfológicamente, presenta diferentes relieves característicos de los materiales que constituyen esta zona, como se puede apreciar en la figura 64, un relieve ondulado con pendientes suaves a moderadas hacia el oriente, en dirección al río, característico de los conglomerados de la Formación Girón. Un relieve de pendientes mayores que constituye el escarpe de la Mesa de Lebrija y que ha sido configurado por la acción de la Falla del Suárez. Finalmente el otro relieve es el plano correspondiente al valle del Río de Oro y que ha contribuido en la construcción de las diferentes terrazas (Figura 64).



Figura 95. Relieve y geoformas característicos de los materiales presentes en este sitio.

Tectónicamente, se resaltan las facetas triangulares como rasgos asociados al trazo de la Falla del Suárez (figura 63). Esta falla es de tipo inversa de alto ángulo, presenta desplazamiento vertical y de rumbo sinextral. Su trazo principal va por el piedemonte de la Mesa de Lebrija.

EST 21. VÍA CHIMITÁ – CAFÉ MADRID

Coordenadas Geográficas: X= 1`101.912    Y= 1`279.417 Z= 683 m

Localización Geográfica: Este afloramiento se encuentra en el costado oriental de la Vía Chimitá – Café Madrid, a 1.5 Km aproximadamente de la EST 20.

Descripción:

En esta estación se puede observar el contacto entre unidades competentes de areniscas con conglomerados y unos depósitos recientes dispuestos de gravas y arenas limosas (figura 65). El nivel infrayacente presenta estratificación planoparalela con contactos netos y está compuesto por areniscas color gris de grano medio a fino con clastos de 2 a 3 cm. El nivel suprayacente presenta estratificación planoparalela subhorizontal, está compuesto por una intercalación de niveles gravosos con clastos mal seleccionados y limoarenas color amarillo con laminación planoparalela. Este afloramiento se ilustra en la figura 66, que consiste en la columna estratigráfica levantada a detalle. El contacto entre estas dos unidades es erosivo. La estratificación presenta una dirección N120°E/8°SE y presenta diaclasas dadas por la dirección S120°E/87°NE, S140°E/74°NE.

Figura 96. Afloramiento compuesto por unidades de areniscas con conglomerados y depósitos inconsolidados de gravas y arenas limosas.



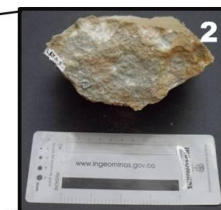
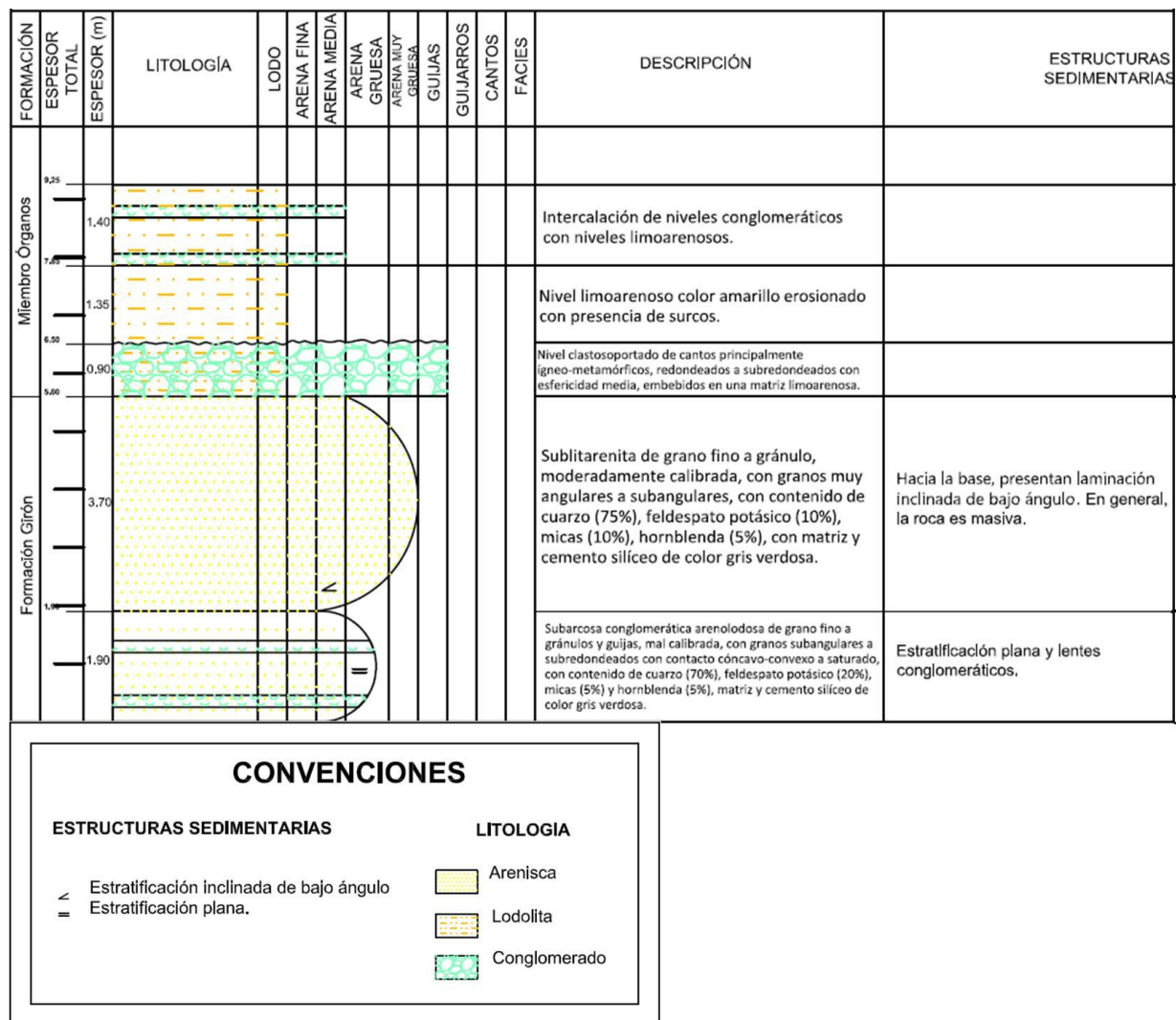


Figura 97. Columna estratigráfica del afloramiento del LIG 21

EST 22. VÍA CHIMITÁ – CAFÉ MADRID

Coordenadas Geográficas: X= 1`102.112    Y= 1`279.806 Z= 685 m

Localización Geográfica: Este afloramiento se encuentra sobre el costado este de la vía Chimitá – Café Madrid a 500 m aproximadamente del afloramiento de la EST 21.

Descripción:

Este afloramiento exhibe diferentes facies de depositación, las cuales están compuestas por intercalación de niveles gravosos clastosoportados con clastos subredondeados a redondeados, con niveles arenolimosos con geometría lenticular sin continuidad lateral. En este sitio no se observan los niveles con geometría definida a lo largo de todo el afloramiento, sin embargo se puede distinguir como un escarpe de erosión (figura 67).



Figura 98. Afloramiento de depósitos inconsolidados que presentan intercalación de materiales gravosos con niveles arenolimosos con geometría lenticular.

EST 23. VÍA CHIMITÁ – CAFÉ MADRID

Coordenadas Geográficas: X= 1`102.793    Y= 1`281.878 Z= 659 m

Localización Geográfica: Este afloramiento se localiza en el costado este de la Vía Chimitá – Café Madrid, a 2 Km aproximadamente de la estación anterior.

Descripción:

Este afloramiento está compuesto por una secuencia de arenisca de grano fino calibrada, con granos esféricos subangulares, intercaladas con lodolitas violáceas, estratos de areniscas con alto contenido de micas, laminación ondulosa de color gris y estratos de lodolitas gris y amarillo claro como se muestra en la figura 68A y se describe a detalle en la figura 69, en la columna estratigráfica levantada en este sitio de interés.

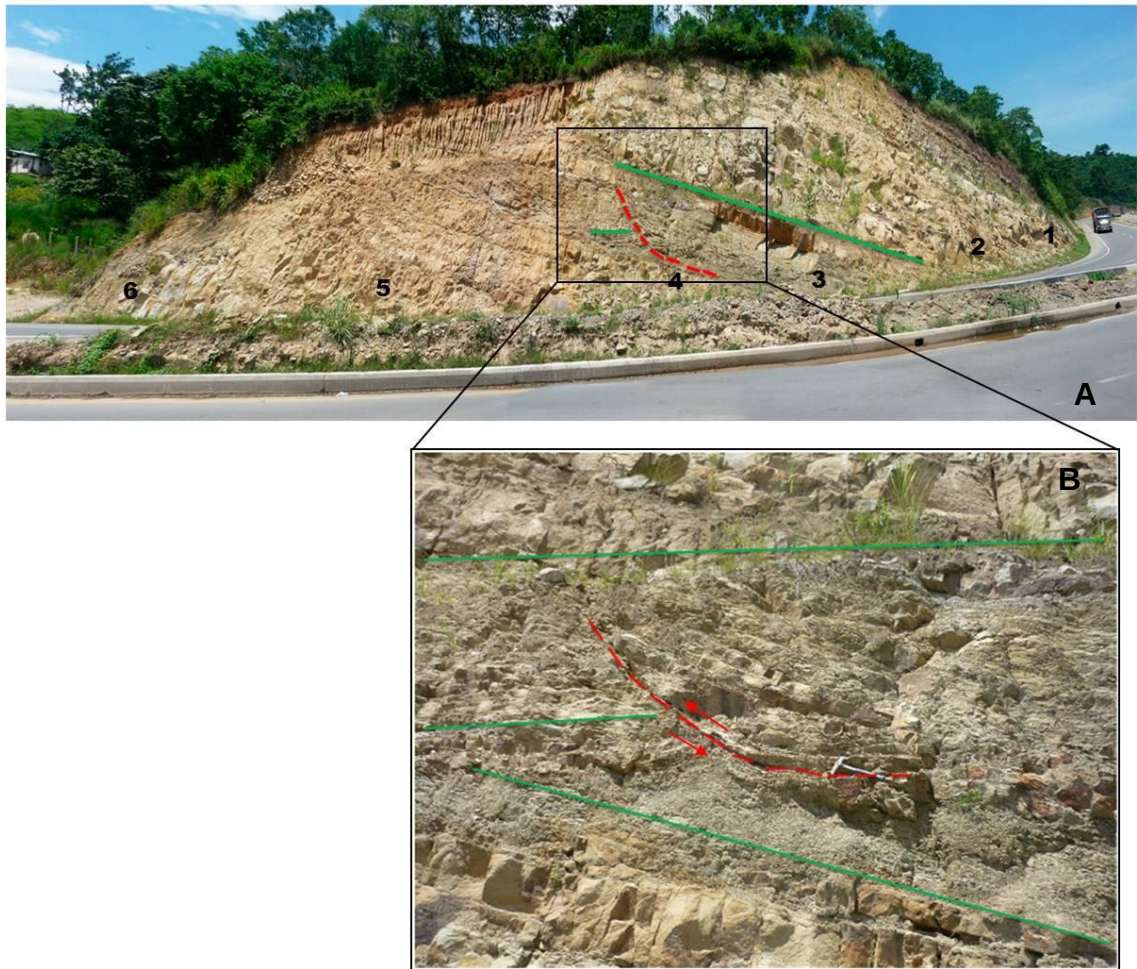


Figura 99. Afloramiento compuesto de areniscas conglomeráticas, lodolitas, limolitas y depósitos recientes gravosos y arenolimosos. A. Ubicación de las muestras. B. Imagen de detalle de la pequeña falla de cabalgamiento

A pequeña escala se pueden identificar algunos rasgos estructurales como una falla de cabalgamiento que afecta los niveles de lodolitas (figura 68B), la estratificación entre las lodolitas y areniscas está dada por la dirección $N32^{\circ}W/23^{\circ}SW$ y unas diaclasas por la dirección $S120^{\circ}E/90^{\circ}$.

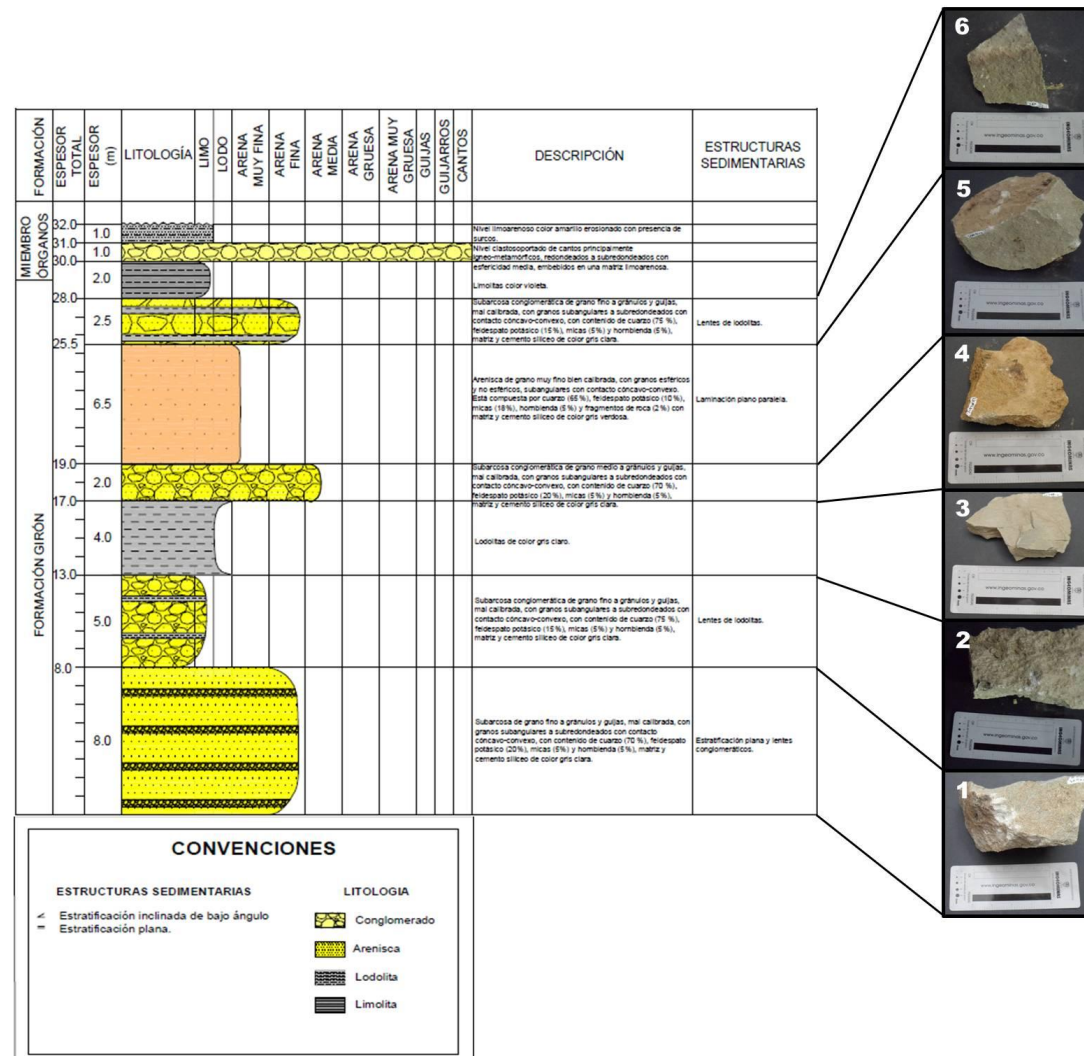


Figura 100. Columna estratigráfica del afloramiento del LIG 23 con las muestras tomadas en campo

EST 24. BARRIO VILLA DE SAN IGNACIO I Y II

Coordenadas Geográficas: X= 1`103.546    Y= 1`282.550 Z= 692 m

Localización Geográfica: Este barrio se localiza en el costado este de la Vía Chimitá – Café Madrid, a 1 Km aproximadamente antes de llegar al Barrio Café Madrid.

Descripción:

Desde este barrio se tiene una mejor perspectiva del sector occidental del área de estudio, involucrando los rasgos geomorfológicos explicados en la EST 20 y que se pueden denotar con mayor precisión desde este sitio; por ejemplo el escarpe de la Mesa de Lebrija y sus características neotectónicas como son las facetas triangulares asociadas a la Falla del Suarez; El valle fluvial y terrazas bajas generadas por el Río de Oro, dominadas por plano inclinado disectado por erosión lineal remontante o regresiva (figura 70).



Figura 101. Vista panorámica del sector occidental del área de estudio donde se observan los rasgos geomorfológicos distintivos de esta zona.

EST 25. PUENTE DEL RÍO DE ORO

Coordenadas Geográficas: X= 1°102.894 Y= 1°282.372 Z= 647 m

Localización Geográfica: Estación ubicada sobre el puente del Río de Oro hacia el occidente del barrio Villa de San Ignacio.

Descripción:

En este sitio se puede observar el comportamiento del curso del Río de Oro siendo este uno de los drenajes con mayor influencia del área de estudio (figura 71). Este río se caracteriza por ser poco profundo y tener una tasa de sedimentación alta, con canales anastomosados hacia el sur (figura 71A). Sus mayores afluentes son las quebradas que están modelando el escarpe occidental del abanico de Bucaramanga y que desembocan allí. La actividad del río está íntimamente relacionada con la erosión, transporte y depositación de los sedimentos, lo que hace que su dinámica modele el paisaje y sea un factor determinante en la zona de influencia del mismo.

El río de Oro se ve afectado por la acción antrópica a lo largo de su cauce, debido a las actividades de explotación de materiales de arrastre. Muestra de ello son dos de los meandros que próximamente serán abandonados por su cauce, debido a la explotación del río, sobrepoblación de sus alrededores, entre otros problemas a los que está expuesto y es obligado a cambiar continuamente su curso, causando desbordamientos en temporadas de lluvias como históricamente se ha visto al paso de este. En el puente del túnel del Café Madrid, se observa la unión del Río de Oro con el Río Suratá para conformar el río Lebrija (figura 71B y C).



Figura 102. Río de Oro. **A.** Actividad del río con cantos hacia el margen izquierdo de variado tamaño. **B.** Actividad antrópica de explotación de materiales de arrastre. **C.** Confluencia del Río Suratá y el Río de Oro.

EST 26. VÍA AL MAR – PUENTE RÍO SURATÁ

Coordenadas Geográficas: X= 1`104.474    Y= 1`283.227 Z= 654 m

Localización Geográfica: Este afloramiento está ubicado al margen izquierdo del Río Suratá en dirección a la desembocadura en el Río de Oro.

Descripción:

En este sitio, se puede observar un escarpe rocoso con unos paquetes de areniscas conglomeráticas de color gris con alto grado de diaclasamiento (figura 72), con estratos que muestran una dirección N10°E/20°SE (figura 73). El contacto es neto y geometría tabular. Estos materiales hacen parte de la Formación Girón.



Figura 103. Afloramiento compuesto de estratos de areniscas conglomeráticas de color gris.



Figura 104. Imagen de detalle de plano de estratificación con dirección N10°E/20°SE.

El Río Suratá se desplaza hacia el sur a todo lo largo de su curso y va con una pendiente media. Geomorfológicamente presenta terrazas bajas y llanuras de inundación en formación (figura 74). Además, se ve afectado por la actividad antrópica en la explotación de materiales de arrastre para la industria de la construcción transformando el curso de este.



Figura 105. Terraza baja asociada al río Suratá y presenta en la parte inferior sedimentos recientes de tamaño grava, subredondeados a redondeados.

**EST 27. DOBLE CALZADA BARRIO NORTE – BUCARAMANGA, EN
INMEDIACIONES DE LA FÁBRICA DE MUEBLES DE COLOMBIA (FAMUCOL
LTDA)**

Coordenadas Geográficas: X= 1°104.191 Y= 1°281.757 Z= 884 m

Localización Geográfica: Este sitio de interés, se ubica al costado norte, en la curva de la nueva calzada de la Carrera 15 vía hacia el mar, en inmediaciones a la Fábrica de Muebles de Colombia (FAMUCOL Ltda).

Descripción:

Desde este sitio (figura 75), se pueden diferenciar varios relieves que componen el paisaje hacia el norte de la Ciudad de Bucaramanga como son: de alta montaña hacia el Este de la Falla de Bucaramanga-Santa Marta, característico de Rocas Ígneas y Metamórficas pertenecientes al Macizo de Santander. Hacia el Oeste de la misma Falla, en inmediaciones a esta, es de pendientes onduladas y laderas explanadas donde está sentada la gran parte de los barrios del Norte. Hacia el Oeste, donde se ubica la Falla del Suárez, las pendientes también son moderadas a altas siendo notorio el cambio en estas, lo que indica el lineamiento de esta junto con las expresiones de las Facetas Triangulares.



Figura 106. Vista panorámica hacia el norte de la ciudad de Bucaramanga donde confluyen el sistema de Falla de Bucaramanga-Santa Marta y la Falla del Suárez.

También se puede observar un proceso de erosión en surcos y cárcavas (figura 76) en la margen derecha de la confluencia de los Ríos Suratá y de Oro, en el que haciendo un acercamiento se observa el peligro constante al que están expuestas

los asentamientos de la población no solo a la orilla de estos ríos, sino que también son vulnerables o propensos a sufrir daños por los materiales y aportes



que continuamente está cayendo de dicho lugar.

Figura 107. Vista de procesos erosivos en surcos y cárcavas en el margen derecho de la confluencia de los ríos Suratá y de Oro en el sector del barrio Café Madrid.

EST 28. PUENTE PEATONAL BARRIO REGADEROS

Coordenadas Geográficas: X= 1`104.646    Y= 1`281.354 Z= 923 m

Locacilzación Geográfica: Este sitio está ubicado sobre el puente peatonal del barrio Regaderos en el Norte de Bucaramanga sobre la carrera 15.

Descripción:

En este punto se muestra desde otro ángulo el bloque los Colorados, limitado por las fallas del Suárez y Bucaramanga – Santa Marta, que enmarcan la frontera con la Mesa de Lebrija y el Macizo de Santander (figura 77).



Figura 108. Vista panorámica de la confluencia de las Fallas de Suárez y Bucaramanga-Santa Marta en el sector de Los Colorados.

Geomorfológicamente la zona norte se encuentra conformada al occidente por el valle del río Suratá, laderas de media a alta pendiente donde se encuentran ubicados la mayoría de los barrios de la zona norte del Área Metropolitana, y de alta montaña en la Mesa de Lebrija y el Macizo de Santander, mostrando relieve ondulado y empinado, siendo estas pendientes de medias a altas.

Los rasgos geomorfológicos más notorios de esta zona son las facetas triangulares tanto para la falla del Suarez como la de Bucaramanga – Santa Marta, que marcan los lineamientos de estas y el bloque de los colorados, en el que se ubica el barrio que lleva el mismo nombre (figura 78 y 79).



Figura 109. Panorámica con rasgos característicos de las fallas del Suárez y Bucaramanga-Santa Marta con el Bloque de los Colorados.

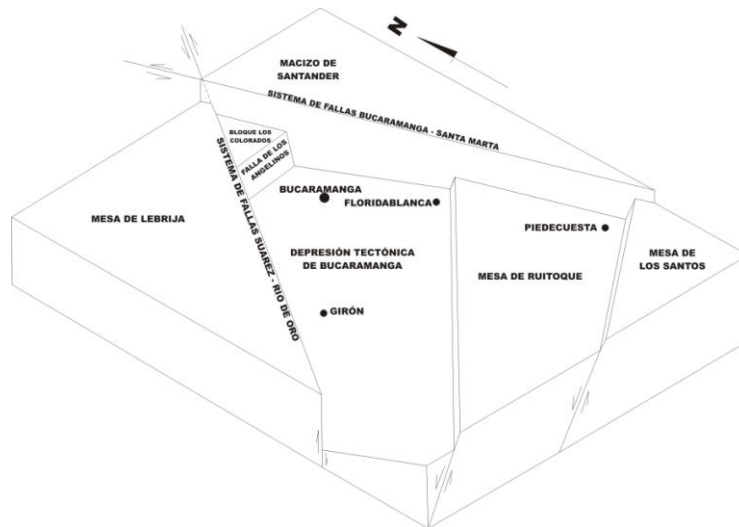


Figura 110. Esquema de la configuración del Bloque de los Colorados con la influencia de las fallas del Suárez y Bucaramanga-Santa Marta.

En los límites de las pendientes altas que conforman muchos de los barrios del norte de Bucaramanga, se presentan problemas de deslizamientos, esto al este y occidente de la zona y al occidente se presentan problemas de inundaciones en

temporadas de lluvias en los barrios e invasiones en las cercanías de los ríos de Oro y Suratá.

ANEXO D. CATÁLOGO DE MUESTRAS

NÚMERO DE CAMPO	FOTOGRAFÍA	LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA	LOCALIZACIÓN GEOLÓGICA	COORDENADAS GEOGRÁFICAS			TIPO DE ROCA	COLOR	TEXTURA	ESTRUCTURA	COMPOSICIÓN	CLASIFICACIÓN	OBSERVACIONES
LKM6-1		Barrio Zapamanga	Formación Girón	1° 108.161	1° 275.163	906 m	Sedimentaria	Violeta Rojizo			Cuarzo, Feldespato K, Micas	*Según el tamaño de grano = Arenisca fina bien calibrada. * según su composición = Litoarenita Felespática	Roca con matriz arenolodosa, bien calibrada con contacto concavo convexo.
LKM6-2		Barrio Zapamanga	Formación Girón	1° 108.161	1° 275.163	906 m	Sedimentaria	Rojizo naranja			Cuarzo, Feldespato K	*Según el tamaño de grano = Arenisca lodosa bien calibrada. * según su composición = Arcosa	Roca con matriz lodosa, bien calibrada con contacto tangencial
LKM6-3		Barrio Zapamanga	Formación Girón	1° 108.161	1° 275.163	906 m	Sedimentaria	Violeta Rojizo			Cuarzo, Feldespato K, con fragmentos de roca	*Según el tamaño de grano = Conglomerado arenolodoso * según su composición = Litarenita	Roca con matriz gravo arenolosa, mal calibrada con contacto flotante
LKM6-4		Barrio Zapamanga	Formación Girón	1° 108.161	1° 275.163	906 m	Sedimentaria	Violeta Rojizo			Cuarzo, Feldespato K, Micas y fragmentos de roca	*Según el tamaño de grano = Arenisca lodosa * según su composición = Litarenita	Roca con matriz arenolosa, bien calibrada, contacto concavo convexo

NÚMERO DE CAMPO	FOTOGRAFÍA	LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA	LOCALIZACIÓN GEOLÓGICA	COORDENADAS GEOGRÁFICAS			TIPO DE ROCA	COLOR	TEXTURA	ESTRUCTURA	COMPOSICIÓN	CLASIFICACIÓN	OBSERVACIONES
LKM6-5		Barrio Zapamanga	Formación Girón	1° 108.161	1° 275.163	906 m	Sedimentaria	Rojizo violeta naranja			Cuarzo, Feldespato K, Micas y fragmentos de roca	*Según el tamaño de grano = Arenisca lodosa * según su composición = Litarenita feldespática	Roca con matriz arenolodosa, muy bien calibrado, con contacto concavo convexo
LKM9-1		Vía antigua a la espalda del Colegio Metropolitano	Formación Girón	1° 109.253	1° 273.361	926 m	Sedimentaria	Violeta rojizo			Cuarzo, Feldespato K, Micas y fragmentos de roca	*Según el tamaño de grano = Arenisca lodosa gruesa con cantos * según su composición = Arcosa	Roca con matriz gravo arenolodosa, mal calibrada, con contacto flotante
LKM10-1		Vía el anillo vial, junto a UNE	Miembro Órganos de la Formación Bucaramanga	1° 106.016	1° 272.630	823 m	Sedimentaria	Gris amarillento con líneas violetas			Cuarzo, Feldespato K, con fragmentos de roca	*Según el tamaño de grano = Conglomerado de guijos arenolodosa * según su composición = Sublitarenita	Roca con matriz gravoarenolodosa, mal calibrada, con contacto longitudinal
LKM10-2		Vía el anillo vial, junto a UNE	Miembro Órganos de la Formación Bucaramanga	1° 106.016	1° 272.630	823 m	Metamorfica	Gris claro	Maciza	Maciza	cuarzo	Cuarcita	De grano medio a grueso, sin foliación

NÚMERO DE CAMPO	FOTOGRAFÍA	LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA	LOCALIZACIÓN GEOLÓGICA	COORDENADAS GEOGRÁFICAS			TIPO DE ROCA	COLOR	TEXTURA	ESTRUCTURA	COMPOSICIÓN	CLASIFICACIÓN	OBSERVACIONES
LKM10-3		Vía el anillo vial, junto a UNE	Miembro Órganos de la Formación Bucaramanga	1° 106.016	1° 272.630	823 m	Metamorfica	Naranja amarillento	Neisica	Neisica	Cuarzo, Plagioclasa, Feldspato K	Neis	De grano grueso y esta muy alterada ya es un clasto que ha sufrido retrabajamiento y sometida a transporte
LKM10-4		Vía el anillo vial, junto a UNE	Miembro Órganos de la Formación Bucaramanga	1° 106.016	1° 272.630	823 m	Ignea	Girs crema	Fanerítica	Masiva	Cuarzo, Anfíbol y Plagioclasa	Granitoide rico en Cuarzo	Clasto del Miembro Órganos
LKM16-1		Intercambidor del Punte el Bueno, en la oreja que da a la vía que baja por el barrio la Victoria	Miembro Órganos de la Formación Bucaramanga	1° 105.124	1° 275.986	880 m	Metamorfica	Rosado naranja	Neisica	Neisica	Cuarzo, Feldspato K, Plagioclasa y Micas	Neis	De grano grueso y esta muy alterada ya es un clasto que ha sufrido retrabajamiento y sometida a transporte
LKM16-2		Intercambidor del Punte el Bueno, en la oreja que da a la vía que baja por el barrio la Victoria	Miembro Órganos de la Formación Bucaramanga	1° 105.124	1° 275.986	880 m	Metamorfica	Amarillo crema	Esquistosa	Masiva	Cuarzo, Feldspato k, Micas	Esquisto cuarzofeldspatco	De grano grueso a medio con brillo sedoso y su estructura es moderadamente desarrollada

NÚMERO DE CAMPO	FOTOGRAFÍA	LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA	LOCALIZACIÓN GEOLÓGICA	COORDENADAS GEOGRÁFICAS			TIPO DE ROCA	COLOR	TEXTURA	ESTRUCTURA	COMPOSICIÓN	CLASIFICACIÓN	OBSERVACIONES
LKM16-3		Intercambiador del Punte el Bueno, en la oreja que da a la vía que baja por el barrio la Victoria	Miembro Órganos de la Formación Bucaramanga	1° 105.124	1° 275.986	880 m	Sedimentaria	Violeta Rojizo			Cuarzo, Feldespato K, Fragmentos de Roca	*Según el tamaño de grano = Conglomerado lodoso * según su composición = Litarenita	Roca con matriz gravo arenolodosa, con contacto flotante, mal calibrada.
LKM17-1		Ciudadela Real de Minas después del conjunto residencial Plazuela Real, vía al terminal	Miembro Gravoso de la Formación Bucaramanga	1° 105.371	1° 276.193	917 m	Sedimentaria	Amarillo crema			Cuarzo, Feldespato, Micas	*Según el tamaño de grano = Arenisca * según su composición = Subarcosa	Roca con matriz lodosa, bien calibrada con contacto tangencial
LKM17-2		Ciudadela Real de Minas después del conjunto residencial Plazuela Real, vía al terminal	Miembro Gravoso de la Formación Bucaramanga	1° 105.371	1° 276.193	917 m	Sedimentaria	Amarillo crema			Cuarzo, Feldespato, Micas	*Según el tamaño de grano = Arenisca bien calibrada * según su composición = Cuarzoarenita	Roca con matriz arenosoportada, bien calibrada con contacto concavo convexo
LKM17-3		Ciudadela Real de Minas después del conjunto residencial Plazuela Real, vía al terminal	Miembro Gravoso de la Formación Bucaramanga	1° 105.371	1° 276.193	917 m	Sedimentaria	Amarillo crema			Cuarzo, Feldespato, Micas	*Según el tamaño de grano = Arenisca bien calibrada de grano grueso * según su composición = Cuarzoarenita	Roca con matriz arenolodosa, bien calibrada con contacto longitudinal.

NÚMERO DE CAMPO	FOTOGRAFÍA	LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA	LOCALIZACIÓN GEOLÓGICA	COORDENADAS GEOGRÁFICAS			TIPO DE ROCA	COLOR	TEXTURA	ESTRUCTURA	COMPOSICIÓN	CLASIFICACIÓN	OBSERVACIONES
LKM21-2		Vía Chimita - Café Madrid, junto a COAVINSA.	Formación Girón y Formación Bucaramanga	1°101.912	1°279.417	683 m	Sedimentaria	Gris verdoso			Cuarzo, Feldespato K, Micas, Hornblenda	*Según el tamaño de grano = Arenisca moderadamente calibrada * según su composición = Sublitarénita	Roca con matriz arenolodosa, moderadamente calibrada, con contacto concavo convexo
LKM21-3		Vía Chimita - Café Madrid, junto a COAVINSA.	Formación Girón y Formación Bucaramanga	1°101.912	1°279.417	683 m	Sedimentaria	Gris verdoso			Cuarzo, Feldespato K, Micas, Fragmentos de roca	*Según el tamaño de grano = Arenisca ligeramente conglomerática * según su composición = Subarcosa	Roca con matriz gravoarenolodosa, mal calibrada, con contacto concavo convexo
LKM23-3		Vía chimita - Café Madrid	Formación Girón y Formación Bucaramanga	1°02.793	1°281.878	659 m	Sedimentaria	Gris clara			Cuarzo, Feldespato K, Micas, Hornblenda, Fragmentos de roca	*Según el tamaño de grano = Arenisca lodosa conglomerática * según su composición = Subarcosa	Roca con matriz gravoarenolodosa, mal calibrada, con contacto concavo convexo
LKM23-5		Vía chimita - Café Madrid	Formación Girón y Formación Bucaramanga	1°02.793	1°281.878	659 m	Sedimentaria	Gris clara			Cuarzo, Feldespato K, Micas, Hornblenda, Fragmentos de roca	*Según el tamaño de grano = Conglomerado lodoso * según su N20composición = Subarcosa	Roca con matriz gravoarenolodosa, mal calibrada, con contacto concavo convexo

NÚMERO DE CAMPO	FOTOGRAFÍA	LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA	LOCALIZACIÓN GEOLÓGICA	COORDENADAS GEOGRÁFICAS			TIPO DE ROCA	COLOR	TEXTURA	ESTRUCTURA	COMPOSICIÓN	CLASIFICACIÓN	OBSERVACIONES
LKM23-6		Vía chimita - Café Madrid	Formación Girón y Formación Bucaramanga	1° 02.793	1° 281.878	659 m	Sedimentaria	Gris clara				Lodolita	
LKM23-7		Vía chimita - Café Madrid	Formación Girón y Formación Bucaramanga	1° 02.793	1° 281.878	659 m	Sedimentaria	Gris clara			Cuarzo, Feldespato K, Micas, Hornblenda, Fragmentos de roca	*Según el tamaño de grano = Arenisca lodosa ligeramente conglomerática * según su composición = Subarcosa	
LKM23-4		Vía chimita - Café Madrid	Formación Girón y Formación Bucaramanga	1° 02.793	1° 281.878	659 m	Sedimentaria	Gris verdosa			Cuarzo, Feldespato K, Micas, Hornblenda, Fragmentos de roca	*Según el tamaño de grano = Arenisca bien calibrada * según su composición = Subarcosa	
LKM23-1		Vía chimita - Café Madrid	Formación Girón y Formación Bucaramanga	1° 02.793	1° 281.878	659 m	Sedimentaria	Gris clara			Cuarzo, Feldespato K, Micas, Hornblenda, Fragmentos de roca	*Según el tamaño de grano = Arenisca lodosa ligeramente conglomerática * según su composición = Subarcosa	