

**Cartografía Geológica a Escala 1:2000 en un Sector de la Vereda Angelinos, Zona Rural
al Sur de la Cantera "La Cemento de la Compañía Cemex", en el Norte de
Bucaramanga.**

Autor

Carlos Eduardo Martínez Marín

Trabajo de Grado para Optar al Título de Geólogo

Director

Guillermo Vargas Pieschacón

Geólogo Especialista en Geotécnia Ambiental

Codirector

Jairo Clavijo Torres

Msc en Geología

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Fisicoquímicas

Escuela de Geología

Bucaramanga

2019

Dedicatoria y agradecimientos

El presente trabajo investigativo, quiero dedicarlo primero a Dios por darme la oportunidad de culminar exitosamente mi carrera de geólogo. Igualmente, a mi madre y mi hermana, por haber confiado en mis capacidades y haberme apoyado en el transcurso de la carrera.

Además, quiero agradecer a todos los docentes que me han guiado en este camino, especialmente a los profesores Guillermo Vargas y Jairo Clavijo, por su apoyo como directores de tesis.

Tabla de Contenido

	Pág.
Introducción	11
1. Objetivos.	13
1.1 Objetivo general.....	13
1.2 Objetivos específicos	13
2. Localización.....	14
3. Marco teórico	16
3.1. Geología regional.....	16
3.1.1 Estratigrafía.....	16
3.1.2 Geología estructural.....	19
3.1.3 Geología histórica.. ..	21
4. Metodología	26
4.1 Fase 1: Búsqueda, selección, organización y análisis de la información bibliográfica.	26
4.2 Fase 2: Trabajo de campo.	26
4.3 Fase 3: Preparación y análisis de muestras.	27
4.3.1 Rocas terrígenas.....	29
4.3.2 Rocas calcáreas.....	30
4.3.3 Rocas ígneas y metamórficas.....	30
4.3.4 Descripción de sondeos.....	32

4.3.5 Secciones delgadas.....	33
4.4 Fase 4: Trabajo de oficina.....	34
5. Resultados y análisis	35
5.1 Análisis litoestratigráfico	35
5.1.1 Formación Diamante.....	36
5.1.2 Formación Tiburón.	53
5.1.3 Formación Bucaramanga.	65
5.1.4 Depósitos aluviales.	70
5.2 Análisis estructural.....	70
5.3 Evolución histórica	81
5.4 Cartografía	82
6. Discusión.....	84
7. Conclusiones	86
8. Recomendaciones	87
Referencias bibliográficas.....	88

Lista de Figuras

Figura 1. Ubicación del área de trabajo	15
Figura 2. Diagrama Triangular para la Clasificación de las Areniscas, Folk 1974, tomado de (Cruz & Caballero, 2007)	29
Figura 3. Diagrama Triangular para la Clasificación Composicional de los Conglomerados (Cruz & Caballero, 2007)	30
Figura 4. Triangulo de Streckeisen (QAPF) tomado de (Griem, 2016).....	32
Figura 5. Muestra de los núcleos de perforación hechos para el proyecto Alto del Escorial, en el año 2013.....	33
Figura 6. Miembro Inferior de la Formación Diamante. Por la vía Bucaramanga-La Costa	36
Figura 7. Limolitas físlas con laminación tipo flaser. Por la vía Bucaramanga – La Costa	37
Figura 8. Falla local, cortando las capas de la Formación Diamante. Por la vía Bucaramanga – La Costa.	39
Figura 9. Afloramiento de la Formación Diamante, con alta meteorización. Por la vía Bucaramanga – La Costa.	40

- Figura 10. Muestras del posible Miembro Inferior de la Formación Diamante, encontradas en la cantera de Cementos Diamante. A la izquierda se ve una lodolita color rojo violáceo y a la derecha una cuarzoarenita, color crema, de grano medio a grueso. 41
- Figura 11. Afloramiento correspondiente al Miembro Medio de la Formación Diamante. Al suroeste de la cantera. 42
- Figura 12. Muestras tomadas al Suroeste de la cantera de Cementos Diamante, correspondientes al Miembro Medio de la Formación Bucaramanga. 43
- Figura 13. Segundo afloramiento del Miembro Medio de la Formación Diamante. Al noroeste de la cantera. 44
- Figura 14. Plano estriado en arenisca del Miembro Medio de la Formación Bucaramanga. Al noroeste de la cantera. 44
- Figura 15. Plano estriado con disolución de caliche. Al noroeste de la cantera. 45
- Figura 16. Tercer afloramiento del Miembro Medio de la Formación Diamante. Al noroeste de la cantera. 46
- Figura 17. Caliza micrita, color gris oscuro. Muestra tomada en la cantera de Cementos Diamante de Cemex. 48
- Figura 18. Capas gruesas de caliza tipo III micrita, color gris medio oscuro. Al sureste de la cantera. 50
- Figura 19. Capas verticalizadas de caliza tipo III micrita. Al sureste de la cantera. 51
- Figura 20. Cnidaria Tabulata Chaetete. Al sureste de la cantera. 52

Figura 21. Capas gruesas de arenisca calcárea de la Formación Tiburón. Vía Rio Suratá – La Cantera.	54
Figura 22. Afloramiento con pequeñas capas de arenisca calcárea de grano fino a medio, color crema a rojo claro, con intercalaciones de limolita calcárea color gris verdoso. Vía Rio Suratá – La Cantera.....	56
Figura 23. Afloramiento de calcarenita de grano fino a medio, color rojo claro, intercalada con pequeñas capas de lodolita fisil, roja clara. Vía Rio Suratá – La Cantera.	57
Figura 24. Capas gruesas de arenisca calcárea de la Formación Tiburón en la margen del Rio Suratá.	58
Figura 25. Diferentes muestras de roca encontradas en la primera poligonal de la Formación Tiburón. Vía Rio Suratá – La Cantera.	59
Figura 26. Lodolita calcárea muy fracturada. Al sureste de la cantera.....	60
Figura 27. Afloramiento altamente meteorizado, donde resalta parcialmente unas caspas finas de arenisca calcárea. Al sureste de la cantera.	61
Figura 28. Afloramientos de calcirudita matriz-soportada. Al sureste de la cantera.	62
Figura 29. Intercalación entre calciarenita y calcirudita. Vía la cantera – Río Suratá....	63
Figura 30. Capas gruesas de calcirudita. Vía la cantera – Río Suratá.	64
Figura 31. Capas gruesas de calcarenita. Vía la cantera – Río Suratá.	64
Figura 32. Diferentes tipos de roca encontradas en la Poligonal 2.	65

Figura 33. Afloramientos del Miembro Órganos de la Formación Bucaramanga, a lo largo de la vía a La Costa.....	66
Figura 34. Algunos clastos encontrados en los depósitos del Miembro Órganos de a Formación Bucaramanga	67
Figura 35. Afloramiento del Miembro Órganos de la Formación Bucaramanga al Noroeste, en los predios de Cemex.	68
Figura 36. Clasto ferroso. Característico en los depósitos al sur de la cantera.....	69
Figura 37. Depósitos al sur de la cantera	69
Figura 38. Ubicación con respecto a las fallas de Bucaramanga y Suarez. Modificado de (Niño & Vargas, 1992)	71
Figura 39. Plano estriado en calcirudita de la Formación Tiburón. Vía la Cantera – Río Suratá.	72
Figura 40. Fracturas notables en el Miembro Inferior de la Formación Diamante.....	73
Figura 41. Intrusión de lava riolítica en las calizas de la cantera.	74
Figura 42. Diferentes formas en que se evidencia la presencia de minerales ferrosos...	75
Figura 43. Remanente de cuarzo granular. Al sureste de la cantera.	76
Figura 44. Trazo de la falla 1, visto desde la cantera.....	76
Figura 45. Falla 2 vista desde la parte alta de la cantera.....	77

Figura 46. Evidencias estructurales de la falla 2. Al sur de la cantera.	78
Figura 47. Plano espejular de la Falla 2. Al sur de la cantera.	79
Figura 48. Hipotética estructura en Flor Positiva. Al sur de la cantera.	80
Figura 49. Cartografía geológica en un sector de la vereda angelinos, zona rural al sur de la cantera "La Cemento de la compañía Cemex", en el norte de Bucaramanga.	83

Lista de Tablas

Tabla 1. Tabla de Tamaño de Grano (Textural) de Wentworth, tomada de (Guevara & Caballero, 2007).....	28
Tabla 2. Clasificación de rocas calcáreas, Folk 1974, tomado de (Cruz & Caballero, 2007).....	31

Lista de Apéndices

(Ver Apéndices adjuntos en el CD y pueden visualizarlos en la Base de Datos de la UIS)

Apéndice A. Secciones delgadas.

Apéndice B. Poligonales y perfiles geológicos.

Apéndice C. Columnas estratigráficas.

Apéndice D. Cartografía a escala 1: 2000 y perfil geológico generalizado.

Apéndice E. Shapefile

RESUMEN

TITULO: CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA A ESCALA 1:2000 EN UN SECTOR DE LA VEREDA ANGELINOS, ZONA RURAL AL SUR DE LA CANTERA "LA CEMENTO DE LA COMPAÑÍA CEMEX", EN EL NORTE DE BUCARAMANGA*

AUTOR: CARLOS EDUARDO MARTÍNEZ MARÍN**

PALABRAS CLAVE: CARTOGRAFÍA, LITOSTRATIGRAFÍA, FORAMINÍFEROS, ORTOPIROXENOS, NEOTECTÓNICA.

DESCRIPCIÓN:

La zona de estudio, perteneciente a la Vereda Angelinos, corresponde a un área de gran afectación tectónica, debido a su cercanía con las fallas de Bucaramanga y Suarez. Para su caracterización litoestratigráfica y estructural, se realizó un trabajo de campo exhaustivo, del cual se consiguió un registro fotográfico, muestras de mano y cinco secciones delgadas, además de una serie de datos registrados en el mismo lugar del afloramiento.

Dentro de las calizas de la Formación Diamante se encontraron fósiles característicos del paleozoico como Foraminíferos Fusulinae y corales Tabulata Chaetete.

También, se encontró una serie de clastos redondeados, compuestos principalmente por magnetita y con bandas de cristales orientados de ortopiroxenos (Enstatita). Entonces, por la presencia de numerosas intrusiones con alto contenido de oxidación y por otras características estructurales se podría determinar un posible origen volcánico para estos clastos.

En cuanto a la geología estructural, se encuentra una serie de fallas cartografiables a escala 1:2000 y fuertes evidencias de neotectónica, como diaclasas, planos estriados, espejos de falla, rocas cataclasitas, brechas, venas, lineamientos y drenajes que cambian el curso en ángulos rectos.

Como resultado final, se obtuvieron 4 perfiles geológicos detallados y uno generalizado; 4 columnas estratigráficas y un mapa a escala 1:2000.

* Trabajo de grado

** Facultad de Ingenierías-Fisicoquímicas. Escuela de Geología. Director: Guillermo Vargas Pieschacón, Geólogo Especialista en Geotécnia Ambiental. Codirector: Jairo Clavijo Torres, Msc en Geología.

ABSTRACT

TITLE: GEOLOGICAL CARTOGRAPHY AT SCALE 1: 2000 IN A SECTOR OF LA VEREDA ANGELINOS, RURAL AREA SOUTH OF CANTERA "THE CEMENT OF THE COMPANY CEMEX", IN THE NORTH OF BUCARAMANGA *

AUTHOR: CARLOS EDUARDO MARTÍNEZ MARÍN **

KEYWORDS: CARTOGRAPHY, LITHOSTRATIGRAPHY, FORAMINÍFEROS, ORTHOPIROXENOS, NEOTECTÓNICA.

DESCRIPTION:

The zone of study, pertaining to the Vereda Angelinos, corresponds to an area of great tectonic affectation, due to its proximity with the faults of Bucaramanga and Suarez. For its lithostratigraphic and structural characterization, an exhaustive fieldwork was carried out, from which a photographic record, hand samples and five thin sections were obtained, as well as a series of data recorded in the same place of the outcrop.

Within the limestone of the Diamante Formation, fossils characteristic of the Paleozoic were found, such as Fusulinae foraminifera and Tabulata Chaetete corals.

Also, a series of rounded clasts was found, composed mainly of magnetite and with bands of crystals oriented with orthopyroxenes (Enstatite). Then, due to the presence of numerous intrusions with high oxidation content and other structural characteristics, a possible volcanic origin could be determined for these clasts.

In terms of structural geology, there is a series of cartographic faults at a scale of 1: 2000 and strong evidence of neotectonic, such as diaclases, grooved planes, fault mirrors, cataclasite rocks, gaps, veins, lineaments and drainages that change the course of right angles.

As a final result, 4 detailed geological profiles and one generalized one were obtained; 4 stratigraphic columns and a 1: 2000 scale map.

* Bachelor Thesis

** Facultad de Ingenierías-Físicoquímicas. Escuela de Geología. Director: Guillermo Vargas Pieschacón, Geólogo Especialista en Geotécnia Ambiental. Codirector: Jairo Clavijo Torres, Msc en Geología.

Introducción

Por cientos de años, la humanidad ha reconocido la importancia de tener una guía que permitiera establecer la posición en que se encuentra. Desde los primeros navegantes que usaban las estrellas para ubicarse en altamar o los comerciantes en tierra que trazaban sus rutas mercantes, hasta los reyes y emperadores que necesitaban delimitar los terrenos que dominaban. Es así como nacen los primeros mapas y la cartografía evoluciona a los complejos diagramas que conocemos hoy en día, realizados con diversidad de recursos tecnológicos que proporcionan una mayor exactitud de la información para el fin con el cual se hicieron.

Un tipo de cartografía muy usado en nuestros días, debido a su amplia gama de aplicaciones, es la geológica, que no sólo describe la litología, sino que, también ofrece información sobre la interacción de esta con los medios que la rodean.

Es por eso, que cobra importancia la elaboración de una cartografía geológica en la zona norte de Bucaramanga, ya que esta se encuentra con gran afectación estructural y se debe monitorear constantemente.

El hecho de no tener estudios recientes y suficientemente detallados en este sector puede desencadenar una serie de afectaciones ambientales por fenómenos de remoción en masa, ya que el perímetro urbano se encuentra cada vez más cerca y no estar preparados para esto, aumenta la vulnerabilidad de la población.

De Santander se puede decir que es un departamento con gran diversidad geológica. Presenta una afectación estructural muy marcada y una riqueza envidiable en recursos hídricos y minerales. Su geología ha sido muy estudiada por la presencia de hidrocarburos y minerales metálicos. Sin embargo, es muy poca la información

encontrada acerca de los minerales industriales que también son abundantes en este departamento y este es otro factor que destaca la importancia de una actualización cartográfica.

La vereda Angelinos pertenece al área rural del municipio de Bucaramanga, aunque ya se encuentra muy cerca del casco urbano, lo que da mayor importancia a su estudio, pues cualquier afectación de este terreno, podría causar gran impacto en la población. Se encuentra altamente influenciada por grandes fallas geológicas y lineamientos (Falla Bucaramanga-Santa Marta, Falla del Suarez, Falla de Suratá). La litología presente en el sector de la vereda Angelinos es rica en recursos minerales para uso industrial, pero su estudio no ha sido suficientemente exhaustivo ya que muy cerca se encuentra el distrito minero de Vetas-California, el cual le roba importancia con sus minerales metálicos de mayor valor económico. También, se puede estar desaprovechando algunos recursos explotables, por desconocimiento de su existencia, cantidad y distribución. En cuanto a la importancia científica y académica de este trabajo, se debe tener en cuenta que la geología está en constante cambio y es posible que lo que se enseñe en las aulas, presente características muy diferentes a las vistas en campo. Por ello la información y material que se genera en cada investigación, sirve de base para futuros estudios, pero siempre se encontrará algo nuevo.

1. Objetivos.

1.1 Objetivo general

Realizar la cartografía geológica a escala 1:2000 en un área de 2Km², en un sector de la vereda Angelinos, zona rural al sur de la cantera " La Cemento de la Compañía CEMEX", en el norte de Bucaramanga; con el fin de actualizar la cartografía y agregar mayor detalle a la información geológica existente.

1.2 Objetivos específicos

Elaborar columnas estratigráficas y secciones delgadas, para dar un mayor conocimiento de la estratigrafía y ayudar a definir las unidades geológicas presentes en el área de estudio.

Observar, estudiar y mapear los principales rasgos estructurales, como complemento del ámbito geológico y regional de la zona.

Mediante el uso de herramientas de teledetección y la interpretación geomorfológica, inferir la litología de los sectores de difícil acceso.

Realizar la descripción litoestratigráficas de los depósitos y rocas encontrados en los sondeos de perforación hechos en el año 2013 para el proyecto Alto del Escorial y que actualmente están en custodia de la Universidad Industrial de Santander, como complemento a la información obtenida en campo.

Entregar a la Litoteca los resultados obtenidos (mapa escala 1:2000, columnas estratigráficas, perfiles y secciones delgadas), que sirvan como ayuda pedagógica en la comprensión del área de estudio.

2. Localización

La zona de estudio se encuentra ubicada en la Vereda Angelinos, área rural al nor-orientes de Bucaramanga en el departamento de Santander, Colombia.

Sin embargo, la investigación no cubre todo el terreno de la vereda, por lo que es importante mencionar las coordenadas de la zona que se va a cartografiar:

Norte: 1285391

Sur: 1282946

Este: 1105467

Oeste: 1104649

Este cuadrante cubre un área de 2 km² y entre sus rasgos característicos, encontramos por el sur, una pequeña parte de la vertiente del Rio Suratá, mientras que por el norte encontramos la cantera de Cementos Diamante que hoy hace parte de la compañía Cemex.

En la Figura 1, se puede apreciar la ubicación, desde una dimensión nacional, pasando al mapa departamental, luego al de la ciudad y finalmente se muestra como una imagen tomada de Google Earth sobre la vereda, para apreciar bien los detalles y rasgos ya mencionados.

Con el objetivo de tener una mejor percepción espacial, tiene la grilla con coordenadas planas, escala gráfica y orientación con respecto al norte.

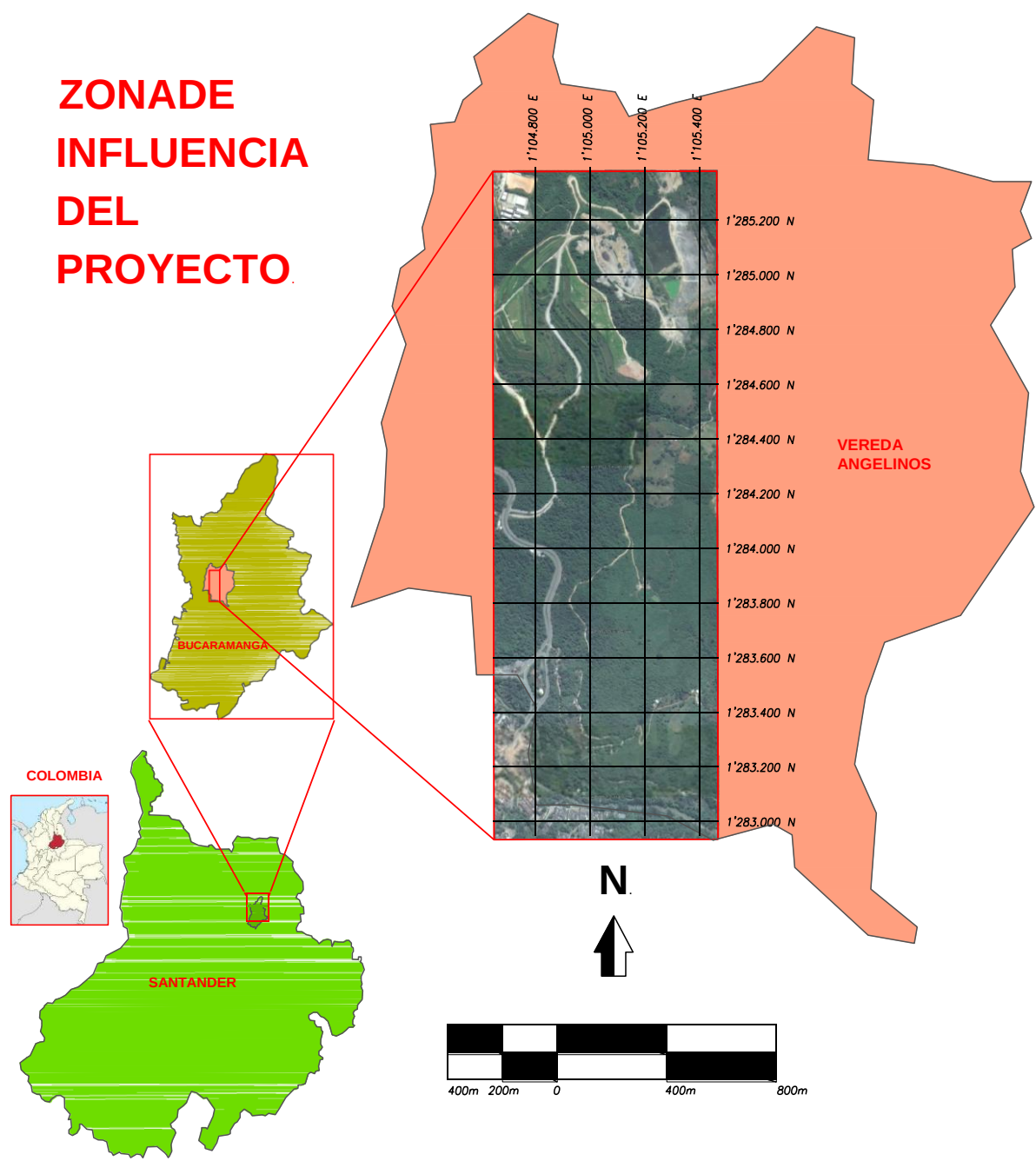


Figura 1. Ubicación del área de trabajo

3. Marco teórico

3.1. Geología regional

La zona de estudio forma parte del Macizo de Santander, el cual hace parte de la Cordillera Oriental de los Andes Colombianos, se encuentra enmarcada regionalmente entre la falla Bucaramanga – Santa Marta, la Falla del Suárez y la falla Suratá y afloran unidades litoestratigráficas correspondientes a las formaciones Diamante (PCd), Tiburón (TRPt) y cuaternario como son: Terraza - cono de deyección (Qtf) y Aluvión (Qal).

3.1.1 Estratigrafía. Las unidades litoestratigráficas presentes en el área de estudio comprenden rocas sedimentarias correspondientes a la Formación Diamante, Formación Tiburón y Cuaternario como son el Miembro Órganos de la Formación Bucaramanga y depósitos aluviales de la cuenca del Río Suratá, las cuales serán descritas a continuación:

3.1.1.1 Formación Diamante (PCd). La Formación Diamante corresponde a la parte inferior de la Serie Suratá descrita como capas fosilíferas del Paleozoico por (Dickey, 1941). Un estudio más detallado realizado por (Ward, et al., 1973) redefine el nombre como Grupo Suratá constituido por la Formación Diamante y Formación Tiburón.

La Formación Diamante, está constituida por una secuencia que presenta una parte inferior compuesta por arenisca gris púrpura, de grano fino, medio y localmente de grano grueso a conglomerático; una parte media con lodolita gris oscura con intercalaciones de caliza del mismo color y la parte superior caliza gris oscuro,

ligeramente arcillosa con delgadas intercalaciones de arcillolitas y areniscas grises a rojos grisáceas (Royero & Clavijo, 2001).

Según estudios paleontológicos realizados al contenido fosilífero de esta unidad se pudo obtener edades que van desde el Pensilvaniano medio al Pérmico medio (Ward, et al., 1973).

Así mismo, (Royero & Clavijo, 2001) atribuyen que los sedimentos de esta unidad se formaron en un ambiente epicontinental.

La Formación Diamante infrayace en discordancia estratigráfica con la Formación Tiburón y suprayace en una aparente discontinuidad estratigráfica con la Formación Floresta (Royero & Clavijo, 2001).

3.1.1.2 Formación Tiburón (TRPt). La Formación Tiburón corresponde a la parte superior de la Serie Suratá descrita por (Dickey, 1941), posteriormente redefinida como Formación Tiburón por (Ward, et al., 1973).

La Formación Tiburón está constituida por una serie de conglomerados calcáreos, líticos, granosoportados con fragmentos de guijos y gujarros (2-10cm) de calizas predominantemente, subredondeados a subangulares y en menor proporción fragmentos de areniscas, cherts y rocas volcánicas, dentro de una matriz arenoso- calcárea, de color gris y de grano fino, provenientes de la infrayacente Formación Diamante (Royero & Clavijo, 2001).

La Formación Tiburón fue considerada inicialmente como del Pérmico por (Dickey, 1941), pero (Ward, et al., 1973) le asigna una edad entre el Carbonífero superior – Pérmico medio y Triásico, conforme a su localización estratigráfica entre las Formaciones Diamante y Bocas, aunque (Royero & Clavijo, 2001) le asignan una edad

del Triásico y además la considera como producto de la erosión de la Formación Diamante, debido a movimientos epirogénicos ocurridos al final del Paleozoico.

3.1.1.3 Cuaternario – Terraza cono de deyección (Qt_f). Los depósitos cuaternarios varían según su origen y se encuentran distribuidos a lo largo de los valles de los principales ríos y quebradas de Santander. Esta unidad se encuentra compuesta por depósitos no consolidados de origen aluvial en abanicos y terrazas de edad Pleistoceno (Royero & Clavijo, 2001). Algunos de estos depósitos corresponden a la Formación Bucaramanga, la cual está dividida en 4 miembros; Órganos (Qbo), Finos (Qbf), Gravoso (Qbg), Limos Rojos (Qblr).

El Miembro Órganos es el que se encuentra en la zona de estudio y ha sido descrito como una intercalación de capas gravosas de guijas a guijarros clasto y matriz soportadas, mal calibradas, con clastos redondeados a subredondeados, de matriz arenolodosa, limos arcillosos y arcillas limosas. su ambiente de deposición corresponde a un flujo de escombros y flujotorrenciales e interdigitación de corrientes de canal, correspondientes a la parte proximal y media del abanico aluvial (Franco & Ramírez, 2018).

3.1.1.4 Cuaternario – Aluvión (Qal). La unidad (Qal) está conformada por depósitos no consolidados de aluvión, coluvión, derrubios, glaciares, fluvioglaciares, que son considerados de edad Holoceno (Royero & Clavijo, 2001).

3.1.2 Geología estructural. Las estructuras que ejercen gran influencia en el área de estudio están la falla Bucaramanga – Santa Marta y la falla Suratá al este y en el oeste la falla del Suárez, a continuación, se describirá brevemente:

3.1.2.1 Falla Bucaramanga - Santa Marta. La Falla Bucaramanga – Santa Marta es el rasgo estructural más evidente que cruza la región centro–oriental en el departamento de Santander, con dirección aproximada N20°W, catalogada como un sistema de falla de rumbo con componente sinistral (Royero & Clavijo, 2001), cuyo desplazamiento es calculado por (Tschanz, et al., 1974) en unos 100 a 110 km; presenta una componente vertical importante, según (Julivert, 1961), (Ward, et al., 1973), (París & Sarria, 1988), (Royero, 1994), que hace que esta falla se comporte en algunos sectores como inversa y en su extremo meridional aún de cabalgamiento (Boinet, et al., 1985), además es una falla de extensión regional que separa rocas de basamento de edad Precámbrico, Paleozoico y Mesozoico, de rocas sedimentarias de Cretácico y Cenozoico. Este sistema de falla se extiende aproximadamente 600 km desde el borde occidental de la Sierra Nevada de Santa Marta en la Costa Caribe hasta el límite occidental del Macizo de Santander al sur (Toro, 1990).

En cuanto a la edad de la falla existen dos opiniones diferentes, (Tschanz, et al., 1974) considera que la falla es del Paleógeno, mientras que (Duque-Caro, 1980) dice que la edad de la falla es del Neógeno, generándose una gran controversia.

3.1.2.2 Falla del Suárez. La Falla de Suárez se extiende por una longitud de unos 120 km desde Barbosa al sur hasta la Falla de Bucaramanga - Santa Marta 5 km al norte de la capital santandereana; su trazo tiene una dirección N20°E y N25°E, con inclinación al occidente y sigue el curso de los ríos Suárez y Río de Oro (Royero & Clavijo, 2001). Es una falla inversa de ángulo alto, con una componente vertical importante. (París & Sarria, 1988) citados en (Royero & Clavijo, 2001) calculan una velocidad de desplazamiento vertical de 0,1 mm/año; además, se trata de una falla de rumbo con desplazamiento sinistral. El desplazamiento vertical se ha calculado entre 400 y 2.300 m (Royero & Clavijo, 2001).

La Falla del Suárez, al occidente del pueblo de Girón afecta capas de la Formación Girón, las cuales se pliegan por arrastre, alcanzando posiciones verticales y en algunos casos invertidas. En cercanías de la falla se observa un fuerte fracturamiento y un alto grado de meteorización de las rocas hasta el punto de llegarse a confundir con depósitos cuaternarios (Royero & Clavijo, 2001).

Esta falla a lo largo de su trayecto afecta rocas jurásicas y cretácicas, principalmente de las formaciones Jordán, Girón, Los Santos (Tambor), Rosa Blanca, Paja y cerca de su terminación en la Falla Bucaramanga-Santa Marta, afecta rocas del Paleozoico como son las formaciones Floresta y Diamante (Royero & Clavijo, 2001). Existen evidencias de campo que indican actividad tectónica reciente para esta falla (Royero & Clavijo, 2001).

3.1.2.2 Falla Suratá. La falla Suratá presenta un rumbo predominante N15°E, y su trazo es paralelo al curso del Río Suratá, y se prolonga en el Departamento de Norte de Santander. Es considerada una falla inversa de ángulo alto y su plano de falla buza al noroccidente (Royero & Clavijo, 2001).

La evolución tectónica de esta falla es compleja, con movimientos relativos precretácicos de distensión en donde el bloque occidental se hunde y postcretácicos de tipo compresivo relacionado con la orogénesis terciaria, según (Julivert & Téllez, 1961).

La Falla de Suratá actualmente es inversa con el bloque noroccidental levantado y también tiene desplazamiento de rumbo lateral derecho, y afecta la Falla Bucaramanga-Santa Marta por lo menos en unos 750 m, al norte de Bucaramanga (Ward, et al., 1973).

3.1.3 Geología histórica. A mediados del Proterozoico, Santander hacía parte de un Megaterreno, con un basamento conectado al Escudo de Guyana, en el cual se desarrolló una cuenca marina con sedimentos clásticos e importantes aportes ígneos alcalinos (Royero & Clavijo, 2001).

Mientras trascurría el Precámbrico Superior, entre Meso y Neoproterozoico, sucedió un evento global conocido como Orogenia Grenvilliana, lo que se manifestó en éste sector por la convergencia continental entre Laurentia y Amazonia, formando el supercontinente Rodinia y generando el metamorfismo que dio lugar a las rocas del Neis de Bucaramanga, el cual hace parte del denominado Cinturón Metamórfico de Alto grado, con facies granulita-anfibolita Alta, al que pertenecen también el Neis de San Lucas y los macizos de Garzón, Santa Marta y La Guajira (Clavijo, et al., 2008).

Éste choque entre continentes también ocasionó la intrusión de cuerpos con composición granodiorítica y cuarzomonzonítica a finales del Proterozoico, lo que

aportó al metamorfismo de alto grado del Neis De Bucaramanga, que hace parte del basamento continental (Royero & Clavijo, 2001).

Por otra parte, (Ward, et al., 1973), mencionan que los sedimentos de la Formación Silgará se depositaron en un geosinclinal aparentemente de considerable extensión y espesor en lo que hoy es la Cordillera Oriental. Pero, según (Suárez & Zuluaga, 2011), el Neis de Bucaramanga se encontraba adosado al borde noroccidental de Gondwana al final del Proterozoico y por ende los Esquistos de Silgará no pertenecen al mismo evento metamórfico.

Es por eso que (Royero & Clavijo, 2001) dicen que en la transición Cambro-Ordovícica existían unos depósitos que se vieron afectados por la Orogenia Caledoniana, con fuertes plegamientos y un metamorfismo de muy bajo a bajo grado en algunos sectores, hasta la fase esquistos verdes, lo que llevo a la constitución de la Formación Silgará y la unidad de la secuencia metasedimentaria en el Macizo De Santander.

Solo hasta mediados del Devónico comienza a reactivarse la sedimentación pericontinental sobre el margen oriental del Océano Iapetus, lo que genera la depositacion de abanicos, deltas y sedimentos marinos epicontinentales (Royero & Clavijo, 2001).

De esto, (Ward, et al., 1973) mencionan que algunas rocas de ese periodo en la Cordillera Oriental, se depositaron en un mar amplio y poco profundo, como es el caso de la Formación Floresta. Pero destacan que para el Silúrico y Devónico Superior en el Macizo de Santander no encontraron fósiles o evidencia suficiente, lo que los lleva a presumir que fue un tiempo de levantamiento y erosión.

Desde el Devónico Medio la Formación Floresta en el Macizo de Santander sufre un metamorfismo afectando a la Formación Diamante en los sectores de Berlín y Mutiscua entre el Pensilvaniano Medio y el Pérmico (Ward, et al., 1973).

En cuanto a ese intervalo de tiempo, entre el Pensilvaniano y el Pérmico, (Royero & Clavijo, 2001) dicen que ocurrió una transgresión marina, acompañada de una tectónica de fallamiento producida por movimientos de levantamiento y hundimiento, que a su vez forman relieves de mesas y valles. Ellos notan una alternancia de sedimentitas rojas y calizas biogénicas en la Formación Diamante y la unidad paleozoica del Rio Nevado, lo que indica que la secuencia de avances y retrocesos del mar ocurre en un paisaje árido.

El intervalo de tiempo entre el Paleozoico Superior y el Mesozoico Inferior fue marcado por el emplazamiento postcinemático esparcido de batolitos calco-alcalinos en el Macizo, que hoy en día se conocen como el Grupo Plutónico de Santander y que continuaron a lo largo del periodo Jurásico (Ward, et al., 1973).

La suave discordancia entre la Formación Diamante y la Suprayacente Formación Tiburón, es el registro de un impulso inicial de actividad orogénica progresiva creciente que se dio entre el Pérmico Superior y el Triásico Superior (Ward, et al., 1973).

Sin embargo, a comienzos del Triásico se marca más una tectónica distensiva, iniciando la apertura de un Paleocaribe, lo que lleva a que el megaterreno del cual formaba parte Santander, comenzara a Fragmentarse, lo que se manifiesta en el hundimiento de algunas partes en las que se depositaron abanicos aluviales como es el caso de la formación Tiburón (Royero & Clavijo, 2001).

El supercontinente Pangea comienza su ruptura desde finales del Triásico y el Cretácico superior, formándose así un graben supracontinental, bordeado por paleofallas normales y permitiendo la acumulación de sedimentos continentales de las formaciones

Bocas, Jordán y Girón, además de un vulcanismo con intrusiones intermedias y básicas, e intercalaciones piroclásticas que se ve reflejado en la Formación Jordán (Mojica & Franco, 1990).

(Royero & Clavijo, 2001) ubican este evento distensivo en forma más puntual entre finales del Triásico y principios del Jurásico e indican que se genera una cuenca intercontinental en la que se afecta gran parte del Cratón Suramericano y se da inicio a la formación del Valle Medio del Magdalena (Royero & Clavijo, 2001).

Aunque el Valle Medio del Magdalena solo adquirió su forma actual hacia finales del Mioceno, comenzó a depositarse a finales del Cretácico (Mojica & Franco, 1990).

En cuanto a la depositación de la Formación Girón, fue precedida por un tiempo de quietud y transgresión durante el Cretácico (Ward, et al., 1973).

Al Noreste de Bucaramanga algunos diques de pórfidos cortan las rocas del Cretácico Inferior, lo que indica que la actividad ígnea continuó durante esa época (Ward, et al., 1973).

Durante el Cretácico Superior continuó una depositación marina en el Macizo de Santander, con pequeñas interrupciones por periodos de levantamiento y erosión, pero a medida que terminaba este periodo, se tornaba un ambiente cada vez más continental, lo que se ve reflejado en los mantos de carbón en la parte alta de la Formación Umir y en la Formación Lisama del Paleoceno (Ward, et al., 1973).

A finales del Cretácico la Placa Caribe inició un desplazamiento hacia el Nor-este, pero durante el Paleógeno su movimiento adquirió un sentido más al Este con respecto a la Placa Sudamericana, mientras la Placa Farallones colisionaba con el margen occidental de Colombia, lo que produce una inversión en las Fallas normales del Cretácico y las transforma en fallas inversas (Clavijo, et al., 2008).

Del Cenozoico prácticamente no se encuentran vestigios de formaciones en el Macizo, ya que fue un tiempo de levantamiento y diastrofismo continuado (Ward, et al., 1973).

La inversión de las cuencas extensionales Jurásicas y Cretácicas, es completada durante el Mioceno, como consecuencia de la deformación y levantamiento producido por la Orogenia Andina (Clavijo, et al., 2008).

Esta Orogenia Andina continua actualmente, levantando el Macizo de Santander y erodando gran parte de la secuencia cretácica (Mojica & Franco, 1990).

La falla de Bucaramanga - Sana Marta fue muy activa durante el Mioceno Tardío y el Plioceno, alcanzando un desplazamiento sinistral de aproximadamente 100 km, lo que indica que desde el Mioceno Tardío hasta la actualidad se ha presentado una fase compresiva de la Cordillera Oriental generada por el desplazamiento de la Placa Sudamericana hacia el occidente (Royero & Clavijo, 2001).

Durante el Pleistoceno se desarrolla la Glaciación Alpina en las partes más elevadas del Macizo de Santander (Ward, et al., 1973).

Para el Cuaternario se presentan grandes depósitos fluviales semiconsolidados y pequeños depósitos glaciares, entre los que destacan los que cubren el Valle Medio Del Magdalena y los que constituyen La Meseta De Bucaramanga (Royero & Clavijo, 2001).

En el Cuaternario, la Terraza de Bucaramanga se formó con material fluvial grueso a fino que se depositó en un bloque hundido entre las fallas de Suarez y Bucaramanga, que luego fue parcialmente cubierto por material coluvial no calibrado de rocas profundamente meteorizadas y finalmente fue superpuesta una secuencia de limos grises y material turboso intercalados, lo que indica que esas grandes fallas se encontraban activas durante la formación de la terraza (Ward, et al., 1973).

(Diederix, et al., 2009) dice que la Falla de Bucaramanga presenta evidencias que sugieren un alto grado de actividad cuaternaria, con un desplazamiento lateral izquierdo con componente vertical.

4. Metodología

El trabajo de grado se llevó a cabo mediante el desarrollo de las fases que se describen a continuación:

4.1 Fase 1: Búsqueda, selección, organización y análisis de la información

bibliográfica.

En esta fase se realizó la consulta de información bibliográfica de estudios previos hechos en la zona, como artículos, trabajos de grado, mapas geológicos y memorias explicativas que sirvieran como fundamentos y conocimientos básicos para el desarrollo de este estudio y el alcance de los objetivos planteados.

4.2 Fase 2: Trabajo de campo.

Se realizó un trabajo de campo de 30 días, de los cuales 20 fueron en los predios de Cemex, por lo cual la Escuela de Geología ayudó a gestionar los permisos de ingreso. También, tuve que asistir a una capacitación de seguridad industrial, impartida por la compañía y utilizar la indumentaria de seguridad adecuada.

En este periodo de tiempo se tomaron fotografías de los afloramientos, muestras de mano, datos estructurales y se hicieron poligonales abiertas donde se describieron y midieron los espesores de las rocas aflorantes para cada una de las formaciones geológicas.

Para esta tarea se utilizaron las siguientes herramientas:

- **Cámara fotográfica**

- **Bastón de Jacob**
- **Laser**
- **Flexómetro**
- **Libreta de campo**
- **Lupa de 60x**
- **Martillo geológico**
- **Brújula**
- **GPS**
- **Casco**
- **Chaleco reflectivo**
- **Botas de seguridad**

4.3 Fase 3: Preparación y análisis de muestras.

Una vez tomadas las muestras de mano en campo, se procedió a su descripción e interpretación, separándolas entre rocas sedimentarias terrígenas, sedimentarias calcáreas, ígneas y metamórficas.

Tabla 1. Tabla de Tamaño de Grano (Textural) de Wentworth, tomada de (Guevara & Caballero, 2007).

No de malla para tamiz U.S. estandard	Milímetros (mm)		Micrones (μ)	Phi (Φ)	Clase de tamaño Wentworth		Clase Mayor	Una vez Litificado el sedimento
				-20	Cantos		GRAVA	CONGLOMERADO
		4096		-12				
		1024		-10				
		256		-8	Guijarros			
		64		-6				
		16		-4	Guijas			
5		4		-2				
6		3.36		-1.75	Gránulos			
7		2.83		-1.5				
8		2.38		-1.25				
10		2.0		-1				
12		1.68		-0.75	Upper Arena muy gruesa Lower		ARENA	ARENISCA
14		1.41		-0.5				
16		1.19		-0.25				
18	1	1.0		0.0	Upper Arena gruesa Lower			
20		0.84		0.25				
25		0.71		0.5				
30		0.59		0.75				
35	½	0.5	500	1	Upper Arena media Lower			
40		0.42	420	1.25				
45		0.35	350	1.5				
50		0.3	300	1.75				
60	¼	0.25	250	2.0	Upper Arena fina Lower			
70		0.21	210	2.25				
80		0.177	177	2.5				
100		0.149	149	2.75				
120	1/8	0.125	125	3.0	Upper Arena muy fina Lower			
140		0.105	105	3.25				
170		0.088	88	3.5				
200		0.074	74	3.75				
230	1/16	0.0625	62.5	4.0	Grueso (4 a 5 Φ)		LODO	LODOLITA
270		0.053	53	4.25				
325		0.044	44	4.5				
		0.037	37	4.75				
Analizado por pipeta o hidrómetro	1/32	0.031	31	5.0	medio fino muy fino			
	1/34	0.0156	15.6	6.0				
	1/128	0.0078	7.8	7.0				
	1/256	0.0039	3.9	8.0				
		0.002	2	9.0	Algunos usan 9 Φ como límite de la arcilla			
		0.00098	0.98	10				
		0.00049	0.49	11				
		0.00012	0.12	13				
		0.00006	0.06	14	Arcillas Arcillolita			

4.3.1 Rocas terrígenas. Para las rocas terrígenas se realizó primero su clasificación textural, teniendo en cuenta la Tabla 1. Se encontraron tamaños de grano desde limolitas hasta areniscas de grano fino, medio, grueso y conglomerados.

Para la clasificación composicional de las areniscas, se utilizó el diagrama de la Figura 2, encontrando principalmente litarenitas, litarenitas feldespáticas y sublitarenitas en las muestras de la Formación Diamante y litarenita calcárea, sublitarenia calcárea en las muestras de la Formación Tiburón.

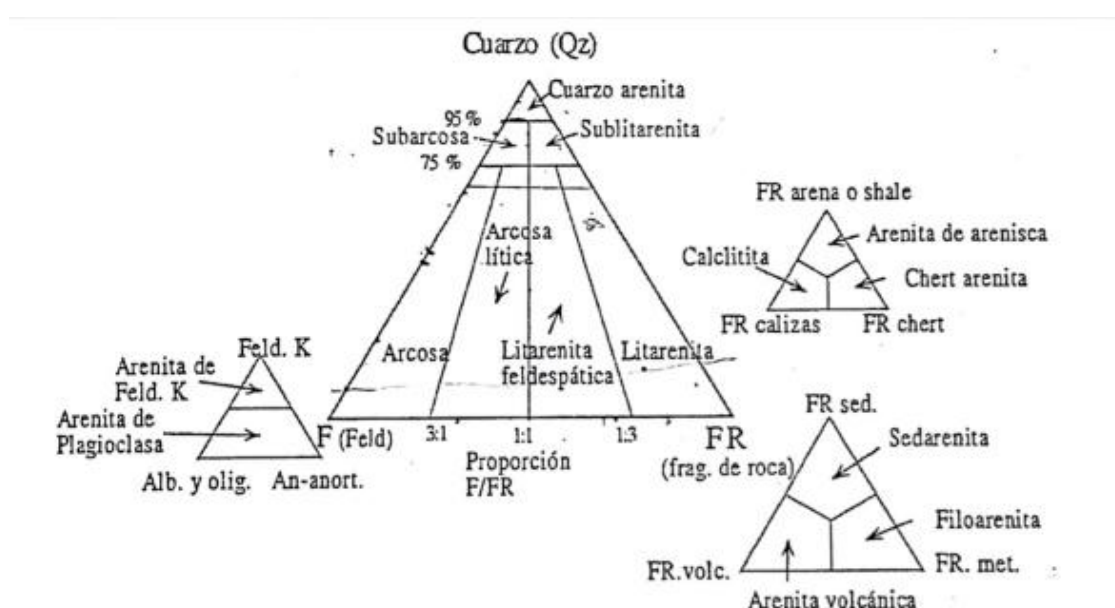


Figura 2. Diagrama Triangular para la Clasificación de las Areniscas, Folk 1974, tomado de (Cruz & Caballero, 2007)

Por otro lado, para los conglomerados se utilizó el diagrama de la Figura 3 y según los clastos del Miembro Órganos de la Formación Bucaramanga, se encuentra que este es un conglomerado lítico feldespático, ya que tiene un 30% de guijarros de rocas feldespáticas y 50% de guijarros de cuarzo. En cuanto a la parte alta de la Formación Tiburón se encuentra que son unos conglomerados calcáreos, pues sus fragmentos líticos de caliza ocupan un 80% de la roca, adicionando que su matriz también es calcárea.

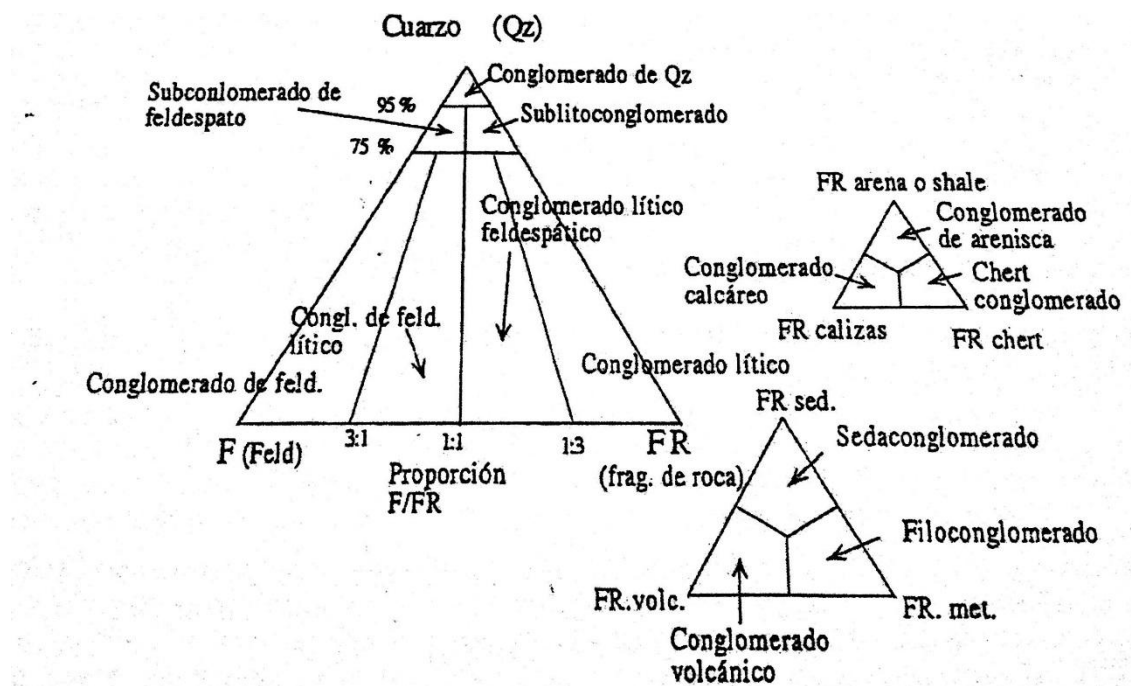


Figura 3. Diagrama Triangular para la Clasificación Composicional de los Conglomerados (Cruz & Caballero, 2007)

4.3.2 Rocas calcáreas. En las rocas calcáreas del Miembro Superior de la Formación Diamante, se observó el tamaño de los cristales, matriz, cementos y el contenido de aloquímicos, para posteriormente clasificarlas según la Tabla 2. Esto permitió encontrar micritas tipo III intraclásticas, micritas tipo III fosilíferas y en menor medida bioesparudita. También, hay una muestra de biolito de coral, encontrada hacia el tope de la Formación Diamante.

4.3.3 Rocas ígneas y metamórficas. Las muestras de mano de rocas ígneas y metamórficas pertenecen a una intrusión en las calizas y a clastos redondeados del Miembro Órganos de la Formación Bucaramanga.

Para clasificar las rocas ígneas, se utilizó el diagrama de la Figura 4, donde se encontró unos clastos de cuarzo y algunos granitos. En cuanto a la muestra del

intrusivo, no se pueden ver bien los cristales, por lo que fue mejor analizarla en sección delgada.

Tabla 2. Clasificación de rocas calcáreas, Folk 1974, tomado de (Cruz & Caballero, 2007).

CALIZAS, CALIZAS PARCIALMENTE DOLOMITIZADAS Y DOLOMITAS PRIMARIAS									
			ROCAS ALOQUÍMICAS I Y II Porcentaje de aloquímicos mayor de 10%			ROCAS MICROCRISTALINAS III Porcent. aloq. menor del 10%		ROCAS BIOHERMALES	
			ROCAS ALOQUÍMICAS ESPARITICAS (I) Cemento de calcita espar mayor en porcentaje que la matriz de lodo calcáreo microcristalino	ROCAS ALOQUÍMICAS MICROCRISTALINAS (II) Matriz de lodo calcáreo microcristalino mayor que el cemento de calcita espar		Porcentaje de aloquímicos entre 1 - 10%	Aloq. < 1%		
COMPOSICIÓN VOLUM. DE ALOQUÍMICOS	Intraclastos (i) > 25%		Intraesparudita (Ii:Li) Intraesparenita (Ii:La)	Intramicrodita (Iii:Li) Intramicroarenita (Iii:La)	Se tiene en cuenta el aloquímico que más abunde	Micrita intraclástica (Iiii:Li o La)	Micrita (Iiii:Li), perturbada dismicrita (Iiii:Li), dolomita primaria, dolomiticita (Iiii:D)	Biolitita (IV:L)	
	oolitos (o) > 25%		Ooesparudita (Io:Li) Ooesparenita (Io:La)	Oomicrodita (Iio:Li) Oomicroarenita (Iio:La)		Micrita oolítica (Iio:Li o La)			
	Intraclastos < 25% Porcentaje de oolitos < 25% Proporción en volumen de fósiles y pellets	> 3:1 (b)	Bioesparudita (Ib:Li) Bioesparenita (Ib:La)	Biomicrodita (Iib:Li) Biomicroarenita (Iib:La)		Micrita fosilífera (Iib:Li, La o Li)			
		3:1-1:3 (bp)	Biopesparudita (Ibp:Li) Biopesparenita (Ibp:La)	Biopelmicrodita (Ibpl:Li) Biopelmicroarenita (Ibpl:La)					
		< 1:3 (p)	Pelesparenita (Ip:La)	Pelamicroarenita (Iip:La)		Micrita pelatífera (Iip:La)			

Para los clastos de rocas metamórficas se observó su estructura, textura y composición mineralógica, encontrando así, esquistos feldespáticos y neis feldespático.

Además, entre las muestras de las calizas se encuentran rocas cataclásticas.

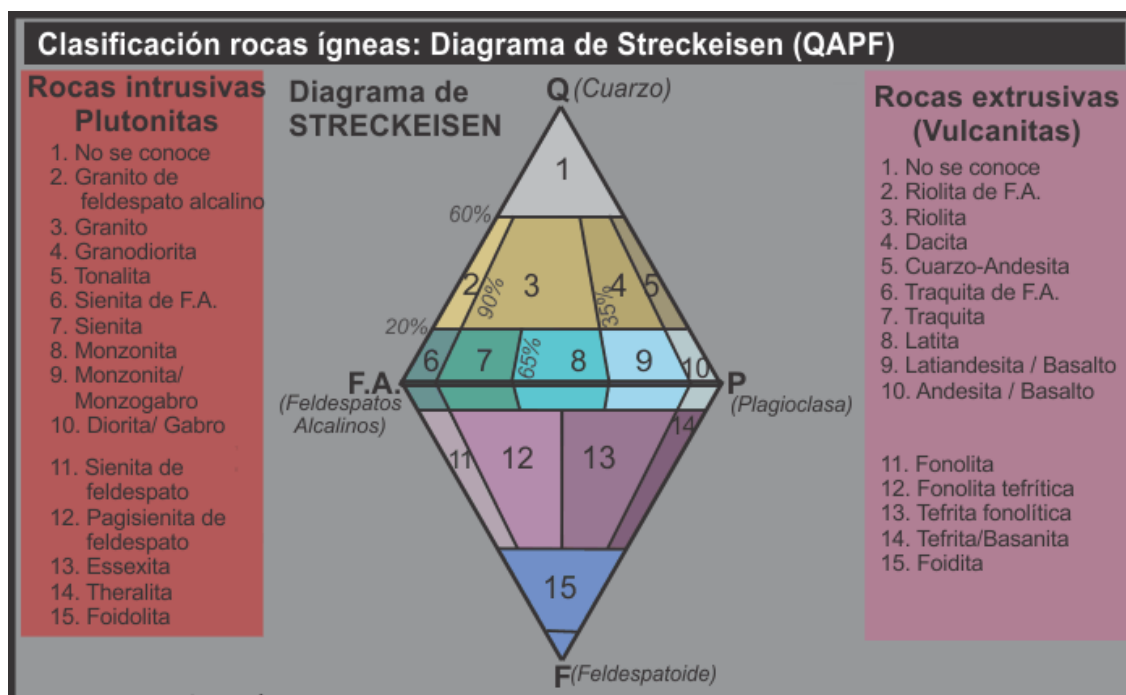


Figura 4. Triángulo de Streckeisen (QAPF) tomado de (Griem, 2016)

4.3.4 Descripción de sondeos. Los sondeos de perforación hechos en el año 2013 para el proyecto Alto del Escorial (Figura 5), se realizaron al margen del Río Suratá, por lo que en su mayoría contiene clastos del depósito y unos pocos metros de roca. Por esto, su litología es muy variada y se utilizaron los mismos métodos que en la descripción de rocas sedimentarias, ígneas y metamórficas, ya mencionados.



Figura 5. Muestra de los núcleos de perforación hechos para el proyecto Alto del Escorial, en el año 2013.

4.3.5 Secciones delgadas. Después de describir las muestras de mano, se seleccionaron 5 rocas para el análisis en sección delgada.

La preparación de estas secciones fue hecha por la Escuela de Geología en los Laboratorios de Preparación de Muestras de Guatiguará. Allí cortaron las rocas, las pulieron, las pegaron con una resina epoxica a un porta de vidrio, se pusieron a secar por un día en una mufla, luego se cortó al tamaño del porta y se pulió hasta disminuirlo a tamaño de 30 micras.

Una vez me entregaron las muestras, se procedió al análisis en los laboratorios de microscopía óptica de la Escuela de Geología. Allí se analizaron las secciones con una malla de 100 puntos para el conteo y descripción de sus minerales. Los minerales opacos se reconocieron en luz transmitida, con ayuda de una linterna externa. Los resultados de las secciones delgadas se encuentran consignados en el Apéndice A.

Los materiales utilizados en esta fase fueron:

- **Guía de Laboratorio de Sedimentología para Geólogos, (Cruz & Caballero, 2007)**

- **Guías de Laboratorio Paleontología de Invertebrados, (Cruz Guevara, 1997)**
- **Guías de Laboratorio de Petrología Ígnea, (Mantilla Figueroa, 2003)**
- **Manual de Practicas de Petrología Metamórfica, (García Ramirez, 2007)**
- **Lupa 60x**
- **Ácido clorhídrico disuelto al 10%**
- **Cámara fotográfica**
- **Microscopio de luz transmitida NIKON ECLIPSE E200 50/POL con un ocular de 10x y un objetivo de 4x**
- **Linterna**

4.4 Fase 4: Trabajo de oficina.

Esta fase se llevó a cabo simultáneamente con las anteriores, ya que la información adquirida se iba digitalizando con herramientas ofimáticas como Word y Excel.

Antes de ir a campo se observó la plancha H12 de INGEOMINAS, se trazó lineamientos y vías de acceso en el software Google Earth.

Para elaborar la cartografía se utilizó el software ArcGis 10.4.1, el cual va generando bases de datos con la información que se le proporciona, tal como estaciones con coordenadas, datos estructurales, información de pendientes, drenajes, vías, edificaciones y demás.

Para la georreferenciación de la información, se utilizaron coordenadas planas, Datun Bogotá Magna Sirgas y la topografía se obtuvo de los shapefiles PL_109IVC2, PL_109IVC4, PL_109IVD1 y PL_109IVD3, del Geoportal del IGAC. Los shapefiles se pueden observar en el Apéndice E.

Los perfiles geológicos se elaboraron con el software Adobe Illustrator CS6 a escala 1:2000 y las columnas estratigráficas en SedLog 3.1, a escala 1:250. Por otro lado, las figuras se editaron con Photoshop CS6.

Una vez analizada la información obtenida en las fases anteriores, se elaboró el libro y se imprimieron las columnas, perfiles y la cartografía, para la entrega a la Litoteca.

Las herramientas utilizadas en esta fase fueron:

- **Software Office Word 2016.**
- **Software Excel 2016.**
- **Software Adobe Illustrator CS6**
- **Software Adobe Photoshop CS6**
- **Software Google Earth**
- **Software ArcGis 10.4.1**
- **Software SedLog 3.1**

5. Resultados y análisis

5.1 Análisis litoestratigráfico

El análisis litoestratigráfico se realizó a partir de poligonales abiertas (Apéndice 2), con ayuda de las secciones delgadas (Apéndice 1) para la identificación de litologías y con la elaboración de columnas estratigráficas (Apéndice 3).

5.1.1 Formación Diamante.

5.1.1.1 Miembro inferior: La poligonal para el Miembro Inferior de la Formación Diamante, se realizó por la vía Bucaramanga- La Costa, al Suroeste de la zona de estudio y se pudo medir un espesor total de 57.8 m en las rocas aflorantes. Tal como se ve en la Figura 6, en la parte alta de los afloramientos, se encuentra el Miembro Órganos de la Formación Bucaramanga, con espesores hasta de 5 m.



Figura 6. Miembro Inferior de la Formación Diamante. Por la vía Bucaramanga-La Costa

A continuación, se describen los cinco segmentos en los que se divide ésta poligonal:

- I. El espesor de este segmento es de 15.8 m. Está compuesta por capas gruesas de limolitas fisiles, hasta 2 m de espesor, intercaladas con**

arenisca de grano fino a medio, color rojo violáceo en una secuencia grano-creciente. Hacia el tope la arenisca aumenta su contenido de feldespatos, haciéndose una litarenita feldespática, con contactos ondulados a subparalelos. En la base hay un paquete de limolitas rojas fisiles con un espesor aproximado de 4 m y laminación tipo flaser, tal como se ve en Figura 7.



Figura 7. Limolitas físis con laminación tipo flaser. Por la vía Bucaramanga – La Costa

- II. El espesor de este segmento es de 11.9 m. Está compuesta por capas gruesas, hasta 50 cm de limolitas fisiles intercaladas con cuarzoarenitas de grano fino a medio, color rojo violáceo a crema y con alto contenido de micas. La secuencia es grano-creciente, haciendo más gruesas las capas de arenisca hacia el tope. Los contactos son ondulados. El

afloramiento se encuentra muy fracturado, especialmente en las proximidades al drenaje, donde las lodolitas también se hacen más fisiles. En la Figura 8, se puede apreciar una pequeña falla cortando las capas de la Formación Diamante. Sin embargo, no continúa en la Formación Bucaramanga, lo que indica que se produjo antes de la depositación del Miembro Órganos. También, se aprecia la fisilidad de las lodolitas.

- III. El espesor de este segmento es de 9.7 m. Está compuesta por intercalaciones de limolitas fisiles y cuarzoarenitas de grano fino a grueso, color rojo violáceo. Las areniscas están dispuestas en capas tabulares gruesas desde 20 cm en la base, hasta 2 m en el tope, haciéndose menos gruesas las capas de limolitas en secuencia grano-creciente. Las limolitas tienen un alto contenido de micas y su color rojo violáceo es más intenso hacia la base. Presenta contactos planoparalelos a subparalelos.
- IV. El espesor de este segmento es de 5.4 m. Está compuesta por intercalaciones de limolitas arenosas y areniscas subarcosas de grano fino a medio, color rojo claro. Se encuentra dispuesta en capas tabulares en contactos plano paralelos a ondulosos. La secuencia que se observa es grano-decreciente, con capas de arenisca de máximo 40cm de espesor en el tope.
- V. El espesor de este segmento es de 15 m. Está compuesto por lodolita fisil roja clara intercalada con areniscas sublitarenitas de grano fino a medio, color rojo violaceo. Se dispone en una secuencia grano-decreciente, aumentando en el tope el predominio de las lodolitas fisiles. Los contactos son ondulosos. El tamaño del afloramiento va disminuyendo,

las rocas cada vez más meteorizadas y fisilizadas. y la Formación Bucaramanga se está reemplazando por depósitos aluviales, tal como muestra la Figura 9.

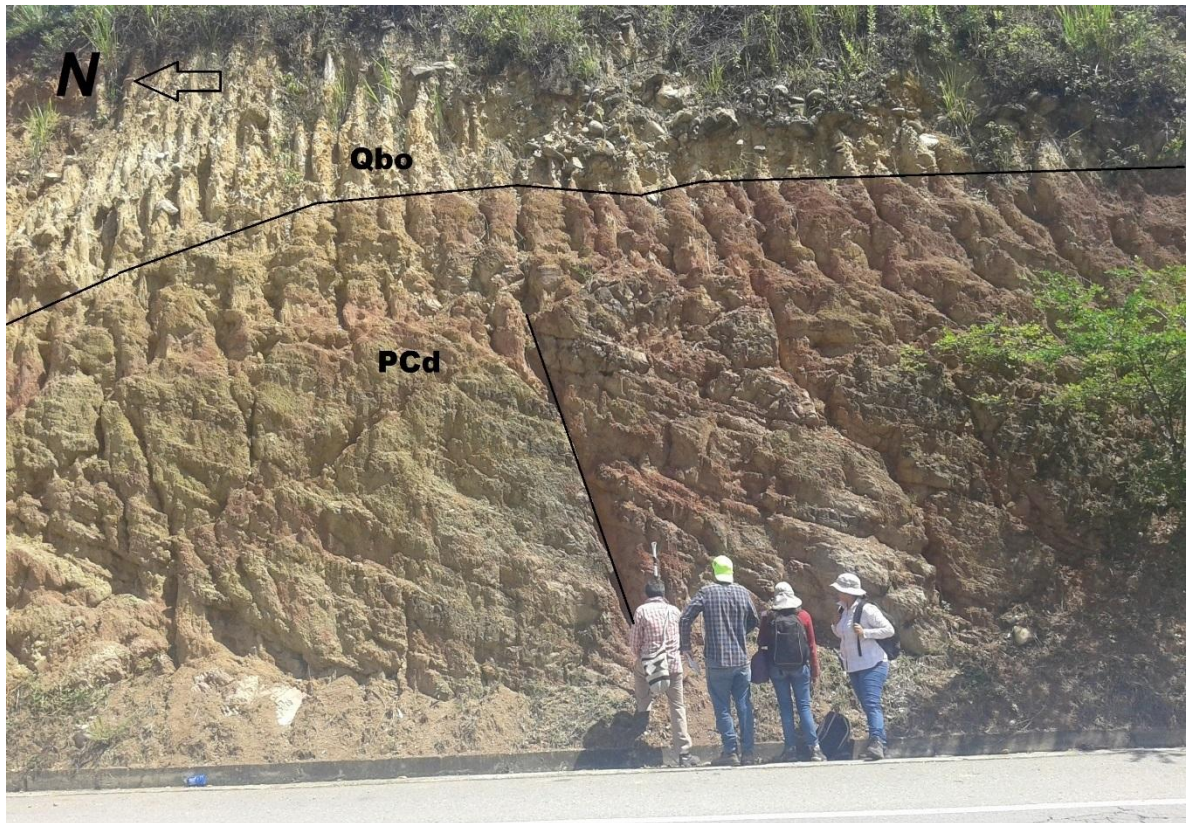


Figura 8. Falla local, cortando las capas de la Formación Diamante. Por la vía Bucaramanga – La Costa.



Figura 9. Afloramiento de la Formación Diamante, con alta meteorización. Por la vía Bucaramanga – La Costa.

Adicionalmente, en la cantera de Cementos Diamante, se encontró un afloramiento bastante grande, que parece corresponder con las características del Miembro Inferior, pero entre las calizas del Miembro Superior de la Formación Diamante. Lo cual permite plantear la hipótesis de que corresponde a una estructura en Flor Positiva, que ayudo a estas rocas, para que afloraran en esa posición. Dicho planteamiento se explica mejor en la sección que habla de la parte estructural. Ese afloramiento es una intercalación de lodolitas, color rojo violáceo y areniscas color rojo claro, de grano fino a medio, que hacia el Oeste se hacen más claras, color crema, y el tamaño de grano aumenta de medio a grueso. Un ejemplo de las rocas encontradas en este sector, se presenta en la Figura 10.

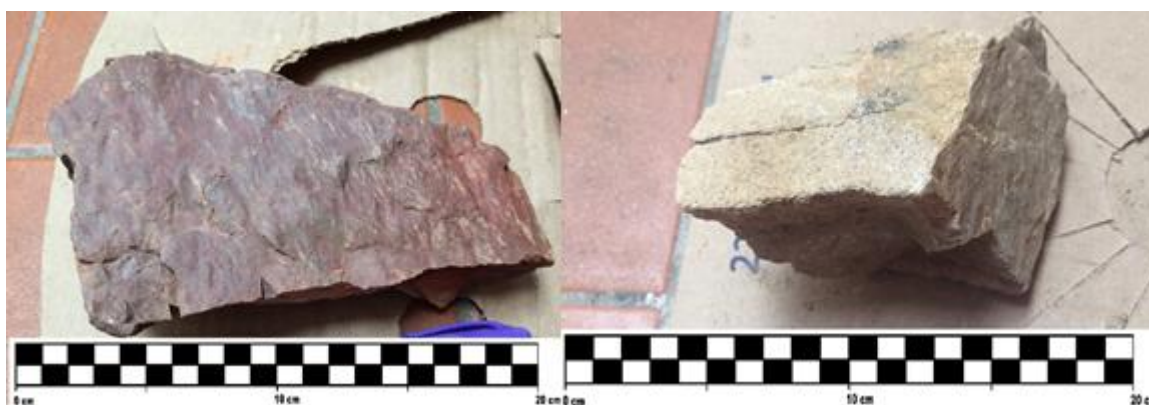


Figura 10. Muestras del posible Miembro Inferior de la Formación Diamante, encontradas en la cantera de Cementos Diamante. A la izquierda se ve una lodolita color rojo violáceo y a la derecha una cuarzoarenita, color crema, de grano medio a grueso.

5.1.1.2 Miembro medio. No se realizó poligonal del Miembro medio, porque en la zona únicamente, se encontraron tres pequeños afloramientos aislados.

El primero, se encontró al Suroeste de la cantera de Cementos Diamante, con una altura máxima aproximada de 3 metros como se ve en la Figura 11.

Así mismo, en la Figura 12, se pueden observar algunas muestras tomadas de este afloramiento, el cual está conformado por una intercalación de areniscas cuarzosas de grano fino a grueso, color gris claro, con visos violáceos (A), color rojo claro (B), color gris claro con oxidaciones (C) y color gris medio (D). Las capas se encuentran dispuestas en forma tabular de 40 cm hasta 2 m de espesor, con contactos ondulados a subparalelos.



Figura 11. Afloramiento correspondiente al Miembro Medio de la Formación

Diamante. Al suroeste de la cantera.

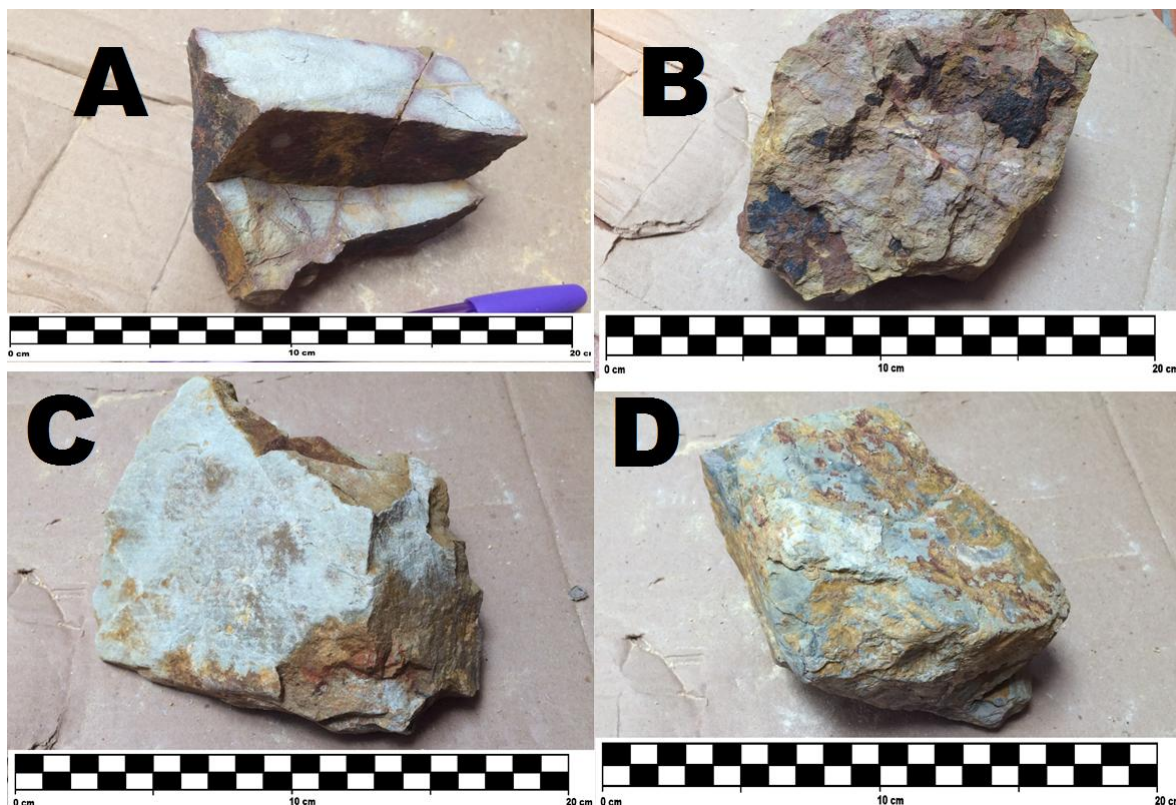


Figura 12. Muestras tomadas al Suroeste de la cantera de Cementos Diamante, correspondientes al Miembro Medio de la Formación Bucaramanga.

El segundo, afloramiento se encuentra en la parte Noroeste de la cantera y está formado por arenisca silícea de grano grueso a muy grueso, color crema a rojo claro, con capas hasta de 2 m de espesor dispuestas en forma tabular con contactos paralelos. El afloramiento desaparece entre los depósitos del Miembro Órganos de la Formación Bucaramanga, lo que se evidencia en la Figura 13 .

Se pudo medir un plano estriado con dato estructural 256/84 (Figura 14) y por escalones y antiriedel se determinó una cinemática Normal Destral.



Figura 13. Segundo afloramiento del Miembro Medio de la Formación Diamante. Al noroeste de la cantera.



Figura 14. Plano estriado en arenisca del Miembro Medio de la Formación Bucaramanga. Al noroeste de la cantera.

El tercer afloramiento, se encuentra 20 m al Noreste del anterior (Figura 16). Está compuesto por arenisca de grano medio a grueso, color crema a gris verdoso. El afloramiento presenta bioturbación, se encuentra muy fracturado, contiene caliche, estrías de falla y estructuras en echelon.

El dato estructural del plano estriado es de 20/74 y por escalones, riedel y antiriedel se determinó una cinemática Normal Destral (Figura 15).



Figura 15. Plano estriado con disolución de caliche. Al noroeste de la cantera.



Figura 16. Tercer afloramiento del Miembro Medio de la Formación Diamante. Al noroeste de la cantera.

5.1.1.3 Miembro superior. La poligonal para el Miembro Superior de la Formación Diamante, se realizó en la cantera de cemento de Cemex, al Noreste de la zona de estudio y se pudo medir un espesor total de 178.7 m en las rocas aflorantes. A continuación, se describen los ocho segmentos en los que se divide ésta poligonal:

- I. El espesor de este segmento es de 106.5 m que se dividen en 3 intervalos. Los afloramientos se presentan principalmente en el suelo expuesto por la explotación de la mina, lo que dificulta la identificación del contenido fósil. El primer intervalo tiene un espesor de 30.5 m y está compuesto por capas gruesas de calizas tipo III micrita, color gris oscuro, intercaladas con pequeñas capas de micrita gris medio a oscuro. Se dispone en capas tabulares con contactos ligeramente ondulados. El segundo intervalo tiene un espesor de 41.4 m y está conformado por capas gruesas de caliza tipo III micrita color gris oscuro intercalada con pequeñas capas de esparita color gris medio claro, con contactos ondulados a subparalelos. En los niveles más claros se alcanzan a ver intraclastos y pequeños fragmentos fósiles de bivalvos y braquiópodos mal preservados. El tercer intervalo tiene un espesor de 34.6 m y se compone de capas gruesas de micrita color gris muy oscuro (Figura 17), intercaladas con pequeñas capas de micritas color gris medio oscuro. Se dispone en capas tabulares gruesas en contactos ondulados a subparalelos. Este intervalo se encuentra muy fracturado y contiene numerosas venillas con recristalización de calcita.
- II. El espesor de este segmento es de 5.9 m. Está conformado por capas gruesas, hasta 50 cm, de caliza tipo III micrita color gris medio oscuro,

intercalada con pequeñas capas de esparita color gris medio claro, con contactos ondulados a subparalelos. En los niveles más claros se alcanzan a ver intraclastos y pequeños fragmentos de conchas de bivalvos muy mal preservadas.



Figura 17. Caliza micrita, color gris oscuro. Muestra tomada en la cantera de Cementos Diamante de Cemex.

- III. El espesor de este segmento es de 5 m. Está conformado por capas gruesas de micritas fosilíferas color gris medio claro, con pequeños fragmentos de braquiópodos mal preservados. Este segmento contiene un gran espejo de falla, con rocas cataclásticas, estrías de falla y recristalización de calcita en venas y venillas.
- IV. El espesor de este segmento es de 36.5 m. Está conformado por capas gruesas de micritas fosilíferas color gris oscuro, intercaladas con pequeñas capas de micritas color gris medio claro. En algunos niveles se alcanza a ver pequeños fragmentos de conchas mal preservadas. Las capas se disponen en contactos ondulados a subparalelos. Este segmento se encuentra muy fracturado y contiene brechas con rocas cataclásticas y arenitización o

alteración de la caliza. Por las brechas alcanza a instruir lava riolítica color gris clara, fácilmente confundible con la caliza. Estas intrusiones contienen cristales de pirita y de hematita. En general, en este segmento se evidencia abundancia de óxidos de hierro y titanio que se pudieron constatar en sección delgada con luz reflejada.

- V. El espesor de este segmento es de 8.3 m. Está conformado por caliza tipo III micrita color gris medio oscura (Figura 18). Dispuesta en capas gruesas, tabulares, en contactos planoparalelos a subparalelos. En algunos niveles se alcanza a ver pequeños fragmentos de conchas mal preservadas y en la Sección Delgada 1, se identifican algunos foraminíferos (Fusulinae, Climmacamina y Bradyina). También, se aprecia disolución de óxidos ferrosos y venillas de calcita.



Figura 18. Capas gruesas de caliza tipo III micrita, color gris medio oscuro. Al sureste de la cantera.

- VI. El espesor de este segmento es de 7 m. Está compuesto por caliza tipo III micrita, color gris oscuro, sin evidencia de fósiles en muestra de mano. Se dispone en capas verticalizadas (Figura 19), tabulares de espesores medios a grueso, en contacto ondulosos a subparalelos. Aunque se identifican bien los estratos, el afloramiento se encuentra muy diaclasado.**



Figura 19. Capas verticalizadas de caliza tipo III micrita. Al sureste de la cantera.

- VII.** El espesor de este segmento es de 3.4 m. Está compuesto por capas gruesas de caliza tipo III micrita color gris muy oscuro. Se alcanza a observar en la base del afloramiento, algunos fragmentos de cnidarios del género *Tabulata Chaetetes*, bien conservados. El afloramiento se encuentra fuertemente diaclasado y muestra una brecha con estrías de falla y caliza alterada o arenitizada.
- VIII.** El espesor de este segmento es de 6.1 m. Está conformado por micrita fosilífera color gris oscuro a muy oscuro. Contiene pequeños fragmentos de conchas de braquiópodos mal preservados y cnidarios del género *Tabulata*

Chaetetes, los cuales son característicos del paleozoico. Hacia el tope se ve la caliza alterada color amarillo parduzco.

En la Figura 20 se aprecia evidencia de corales característicos del paleozoico (Cnidaria Tabulata Chaetete), tanto en afloramiento (A y B), como en muestra de mano (C)



Figura 20. Cnidaria Tabulata Chaetete. Al sureste de la cantera.

Al sur de la cantera intruye una lava riolítica con pirita y gran contenido de óxidos ferrosos y de titanio que pudieron identificarse con luz reflejada en las secciones delgadas 2 y 4 (Apéndice 1), ya que el tamaño microscópico de sus cristales no permitía su identificación en muestra de mano.

5.1.2 Formación Tiburón.

5.1.2.1 Poligonal 1. Está poligonal se realizó a lo largo de la carretera que va del Río Suratá a La Cantera de Cemento de Cemex y corresponde a la parte inferior de la Formación Tiburón. El análisis de los núcleos que se encuentran en la litoteca, permitió identificar la continuidad de la Formación Tiburón a profundidad, en las laderas del Río Suratá. Se pudo medir un espesor total de 107.3 m en las rocas aflorantes. A continuación, se describen los ocho segmentos en los que se divide ésta poligonal:

- I. El espesor de este segmento es de 2.3 m. Está conformado por calcarenita de grano fino a medio, color gris claro. Se alcanza a ver las capas bien definidas en el suelo, pero no se puede medir la estratificación.**
- II. El espesor de este segmento es de 18.2 m. Está conformado por arenisca calcárea de grano medio a grueso, color crema a rosado (Figura 25 A), con pequeñas intercalaciones de lodolitas (Figura 25 C). Se dispone en capas gruesas hacia la base, y delgadas hacia el techo, con contactos ondulados a subparalelos. El afloramiento presenta bioturbación y está casi cubierto por vegetación (Figura 21).**
- III. El espesor de este segmento es de 2.1 m. Está conformado por arenisca calcárea de grano fino a medio, color crema a rojo claro (Figura 25 B), con pequeñas intercalaciones de limolita calcárea color gris verdoso (Figura 25 D). Se dispone en capas de 15 a 30 cm de espesor en contactos ondulados. El afloramiento presenta bioturbación y está casi cubierto por vegetación (Figura 22).**
- IV. El espesor de este segmento es de 3 m. Está conformado por arenisca calcárea, roja clara, de grano fino a medio. Se dispone**

granodecrecientemente hacia la base, en capas tabulares, de hasta 40 cm de espesor, con contactos ondulados a subparalelos. Hacia el tope, se aprecia una capa de arenisca calcárea, de grano medio a grueso, color crema, de aproximadamente 1 m de espesor.



Figura 21. Capas gruesas de arenisca calcárea de la Formación Tiburón. Vía Rio Suratá – La Cantera.

- V. El espesor de este segmento es de 16 m. Está conformado por Arenisca calcárea de grano fino a medio, color gris claro a crema (Figura 25 F). Se dispone en capas de aproximadamente 30 cm de espesor, con contactos ondulados a subparalelos. El afloramiento presenta bioturbación, estrías de falla, disolución de calcita superficialmente y rellenando venillas. Hacia la

base, el afloramiento se hace menos claro, pero en el suelo de la carretera se alcanzan a notar capas de calcarenita de grano muy fino a fino, color gris claro.

- VI. El espesor de este segmento es de 19.5 m. Está conformado por calcarenita de grano fino a medio, color rojo claro (Figura 25 E), en capas de hasta 150 cm de espesor, intercalada con pequeñas capas de lodolita fisil, roja clara. Las capas se hacen más gruesas hacia la base, con contactos ondulados a subparalelos. El afloramiento tiene un alto grado de bioturbación y está casi cubierto por vegetación.
- VII. El espesor de este segmento es de 0.9 m. Está conformado por arenisca calcárea, color crema claro, de grano fino a medio, en capas de 10 a 20 cm de espesor, con contacto ondulados a subparalelo. El afloramiento presenta alta bioturbación y está casi cubierto por la vegetación.



Figura 22. Afloramiento con pequeñas capas de arenisca calcárea de grano fino a medio, color crema a rojo claro, con intercalaciones de limolita calcárea color gris verdoso. Vía Rio Suratá – La Cantera.



Figura 23. Afloramiento de calcarenita de grano fino a medio, color rojo claro, intercalada con pequeñas capas de lodolita fisil, roja clara. Vía Rio Suratá – La Cantera.

VIII. El espesor de este segmento es de 45.3 m. Está conformado por calcarenita, color crema a gris claro, de grano medio a grueso intercalada con Arenisca calcárea de grano fino a medio color crema y rojo claro. Dispuesto en capas tabulares de hasta 2 m de espesor, en contacto ondulado. Se alterna con capas hasta de 1 m, de calcarenita roja clara (Figura 25 G), de grano fino a medio. Se dispone en forma granocreciente hacia el tope (Figura 24).

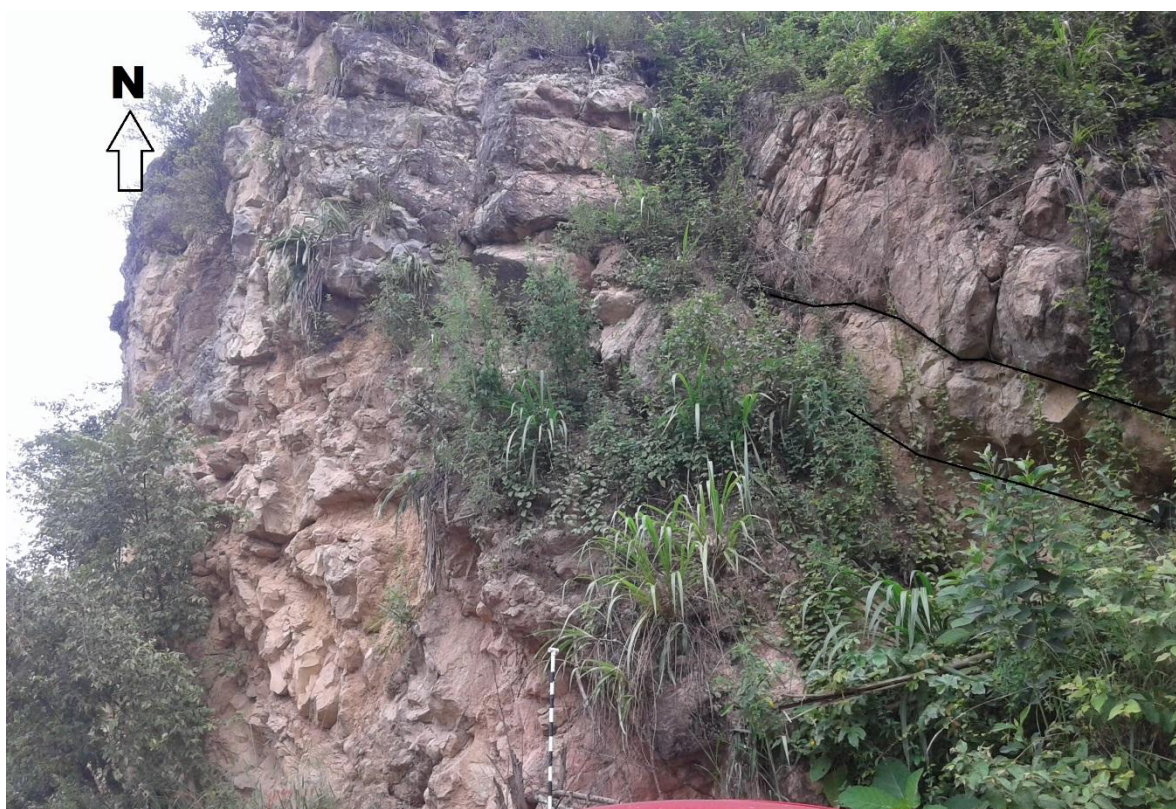


Figura 24. Capas gruesas de arenisca calcárea de la Formación Tiburón en la margen del Rio Suratá.

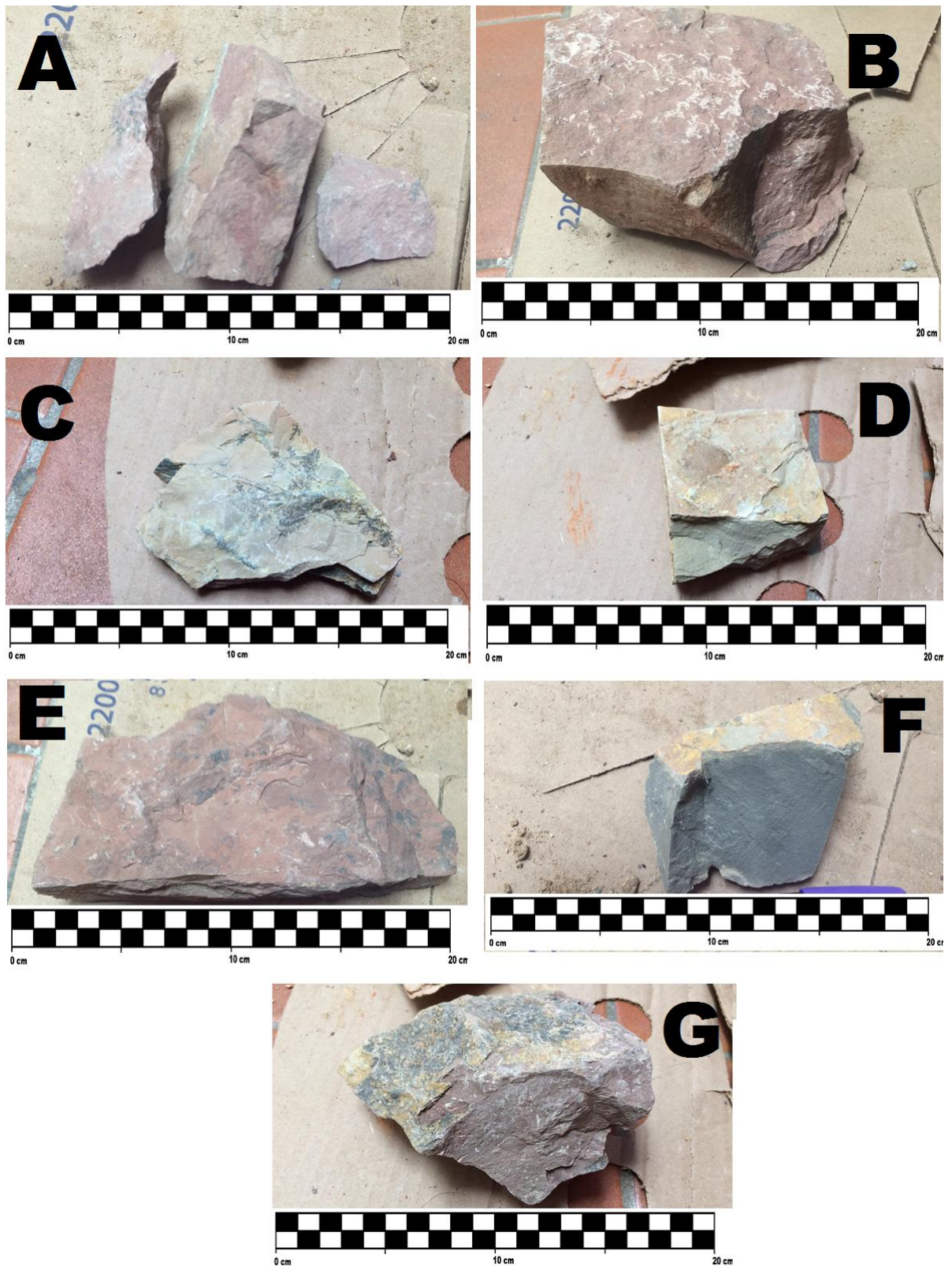


Figura 25. Diferentes muestras de roca encontradas en la primera poligonal de la Formación Tiburón. Vía Rio Suratá – La Cantera.

5.1.2.2 Poligonal 2. Está poligonal se realizó hacia el Este de la Cantera de Cemento de Cemex y parte de la carretera que conduce al Río Suratá. Corresponde a la sección media y alta de la Formación Tiburón. Se pudo medir un espesor total de 69.9 m en las rocas aflorantes. A continuación, se describen los ocho segmentos en los que se divide ésta poligonal:

- I. El espesor de este segmento es de 1.4 m. Está conformado por lodolita calcárea fisil, color rojo. Se dispone en capas delgadas, con contactos ondulados y laminación flaser. En la Sección Delgada 4, se alcanza a ver su composición en parte silícea, con óxidos de titanio en luz reflejada (Figura 26).



Figura 26. Lodolita calcárea muy fracturada. Al sureste de la cantera.

- II. El espesor de este segmento es de 11.5 m. Está conformado por calcarenita roja, de grano fino a medio (Figura 32 A), intercalada con lodolita calcárea fisil, color rojo. Se dispone en capas hasta de 30cm de espesor. Presenta contactos ondulosos a subparalelos.
- III. El espesor de este segmento es de 4.2 m. Está conformado por areniscas calcáreas de grano fino a medio, color gris clara, alternando con calcarenitas de grano fino a medio, color rojo claro, con presencia de micas. Presenta capas de 50 cm de espesor aproximado, en contactos ondulosos a subparalelos.



Figura 27. Afloramiento altamente meteorizado, donde resalta parcialmente unas caspas finas de arenisca calcárea. Al sureste de la cantera.

- IV. El espesor de este segmento es de 14 m. Está conformado por calcarenitas de grano fino a medio, color rojo claro (Figura 28 B), intercaladas con lodolitas fisiles, rojas y con areniscas calcáreas de grano fino a medio, color crema. Las capas tienen un espesor aproximado de 20 cm y se disponen en forma granodecreciente hacia el tope, con contactos ondulados a subparalelos (Figura 23)



Figura 28. Afloramientos de calcirudita matriz-soportada. Al sureste de la cantera.

- V. El espesor de este segmento es de 8.9 m. Está conformado por capas gruesas de calcirudita media a gruesa matriz-soportada (Figura 32 C), con guijos de caliza negra, bien redondeados y de mediana esfericidad, con matriz calcárea lodosa, de color gris medio a oscuro. El afloramiento se presenta con capas sobresalientes en un potrero, por lo que no se alcanza a ver el tipo de contacto que tienen (
- VI. Figura 28).
- VI. El espesor de este segmento es de 9.5 m. Está conformado por calcirudita gruesa a muy gruesa matriz-soportada, con guijos de caliza negra, redondeados y de esfericidad media. La matriz es calcárea arenolodosa de

color gris medio. Las capas son muy gruesas, hasta 1m de espesor, pero alterna con capas de calciarenita gris clara, de grano medio a grueso. Los contactos entre las capas son ondulosos a subparalelos (Figura 29).

- VII. El espesor de este segmento es de 7.8 m. Está conformado por calcirudita muy gruesa, matriz-soportada, de color gris medio a oscuro, con guijos y guijarros subangulares y sub-redondeados de caliza, con baja esfericidad, en una matriz calcárea arenosa. Las capas tienen hasta 1 m de espesor y alternan con pequeñas capas de calcarenita de grano medio a grueso, color rojo claro. Los contactos son ondulosos (Figura 30).
- VIII. El espesor de este segmento es de 12.6 m. Calcarenitas de grano fino a medio, color rojo claro, intercaladas con areniscas calcáreas de grano fino a medio, color gris claro. Las capas tienen espesores hasta de 1 m y se disponen en contactos ondulosos a subparalelos (Figura 31).



Figura 29. Intercalación entre calciarenita y calcirudita. Vía la cantera – Río Suratá.

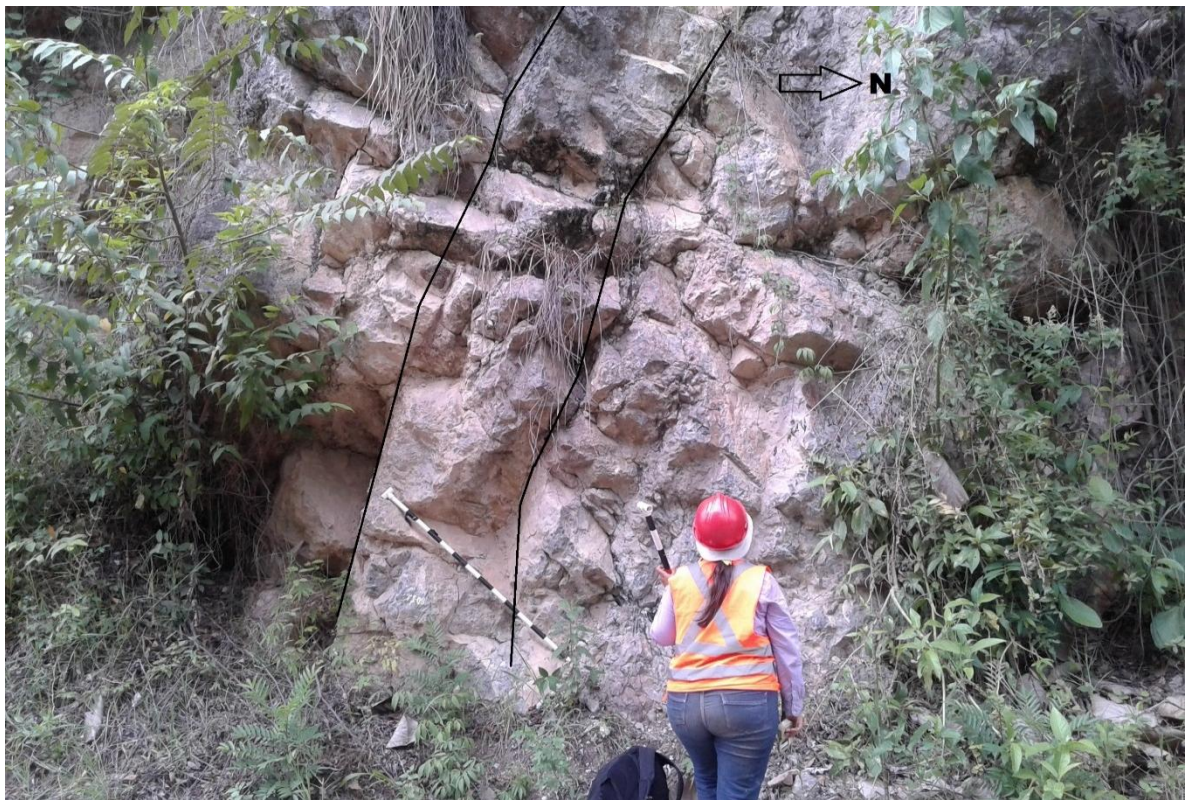


Figura 30. Capas gruesas de calcirudita. Vía la cantera – Río Suratá.



Figura 31. Capas gruesas de calcarenita. Vía la cantera – Río Suratá.

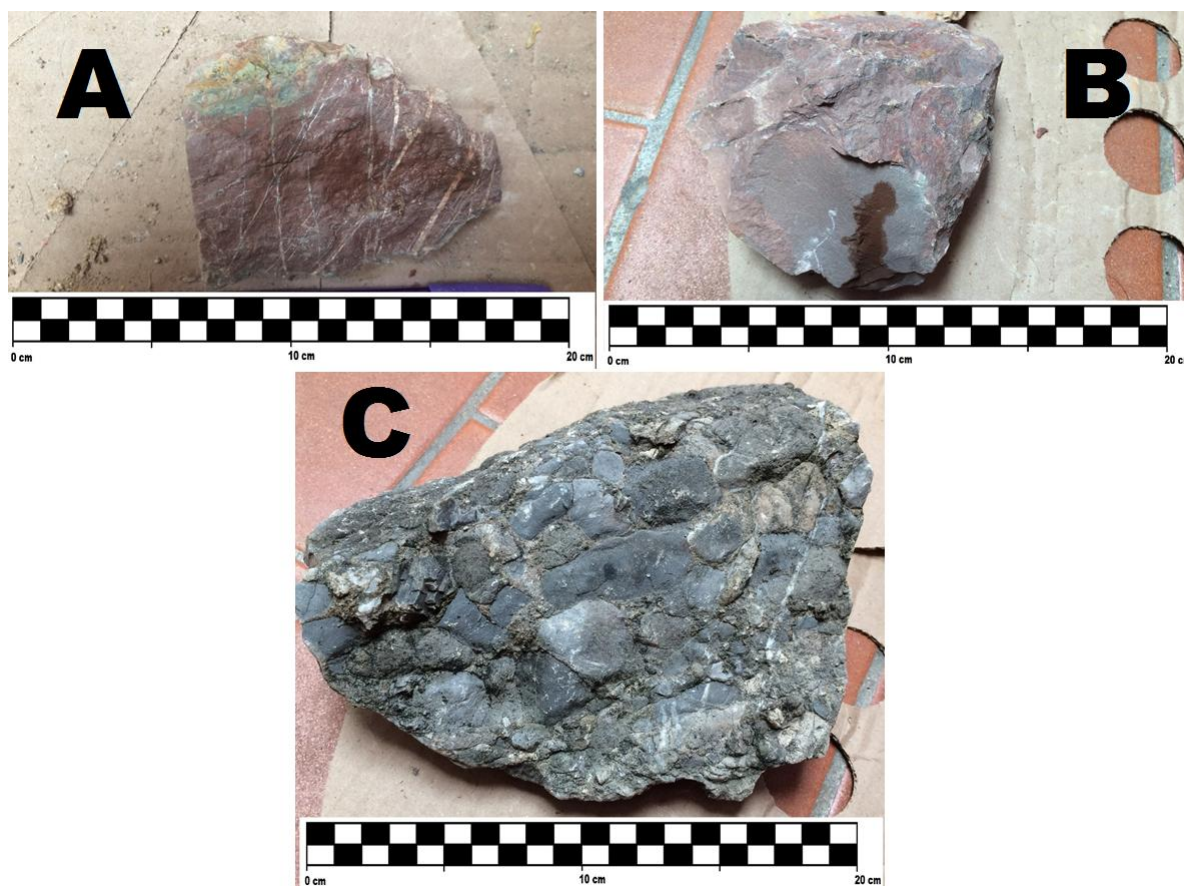


Figura 32. Diferentes tipos de roca encontradas en la Poligonal 2.

5.1.3 Formación Bucaramanga.

5.1.3.1 Miembro Órganos (Qbo). La Formación Bucaramanga, totalmente representada por el Miembro Órganos, se encuentra ampliamente distribuida en la zona, especialmente en el lado Oeste. A lo largo de la carretera Bucaramanga – La Costa, aflora con espesores hasta de 5 m, sobre los estratos del Miembro Inferior de la Formación Bucaramanga (Figura 33 A). A medida que avanza hacia el Norte, comienza a cubrir en su totalidad a la suprayacente formación (Figura 33 B). Todos los afloramientos muestran surcos y tienen baja a mediana compactación, lo que, unido a la actividad tectónica de la zona, facilita su erosión y desprendimiento de bloques o cantos rodados. Sin embargo, los clastos observados a lo largo de la carretera, no son muy grandes, del rango de gránulos a guijarros medianos.



Figura 33. Afloramientos del Miembro Órganos de la Formación Bucaramanga, a lo largo de la vía a La Costa.

En la siguiente Figura 34, se aprecia la matriz arenosa del Miembro Órganos de la Formación Bucaramanga (A), un clasto redondeado de neis con alto contenido de feldespato potásico (B), un cuarzo redondeado (C), clastos ferrosos redondeados (D, E). Nótese que el imán no se desprende a pesar de que la roca está en posición vertical (E), lo que muestra que la roca contiene magnetita. También tiene unas bandas blancas (D, E), que en sección delgada se identificaron como ortopiroxenos (Ensatatita).

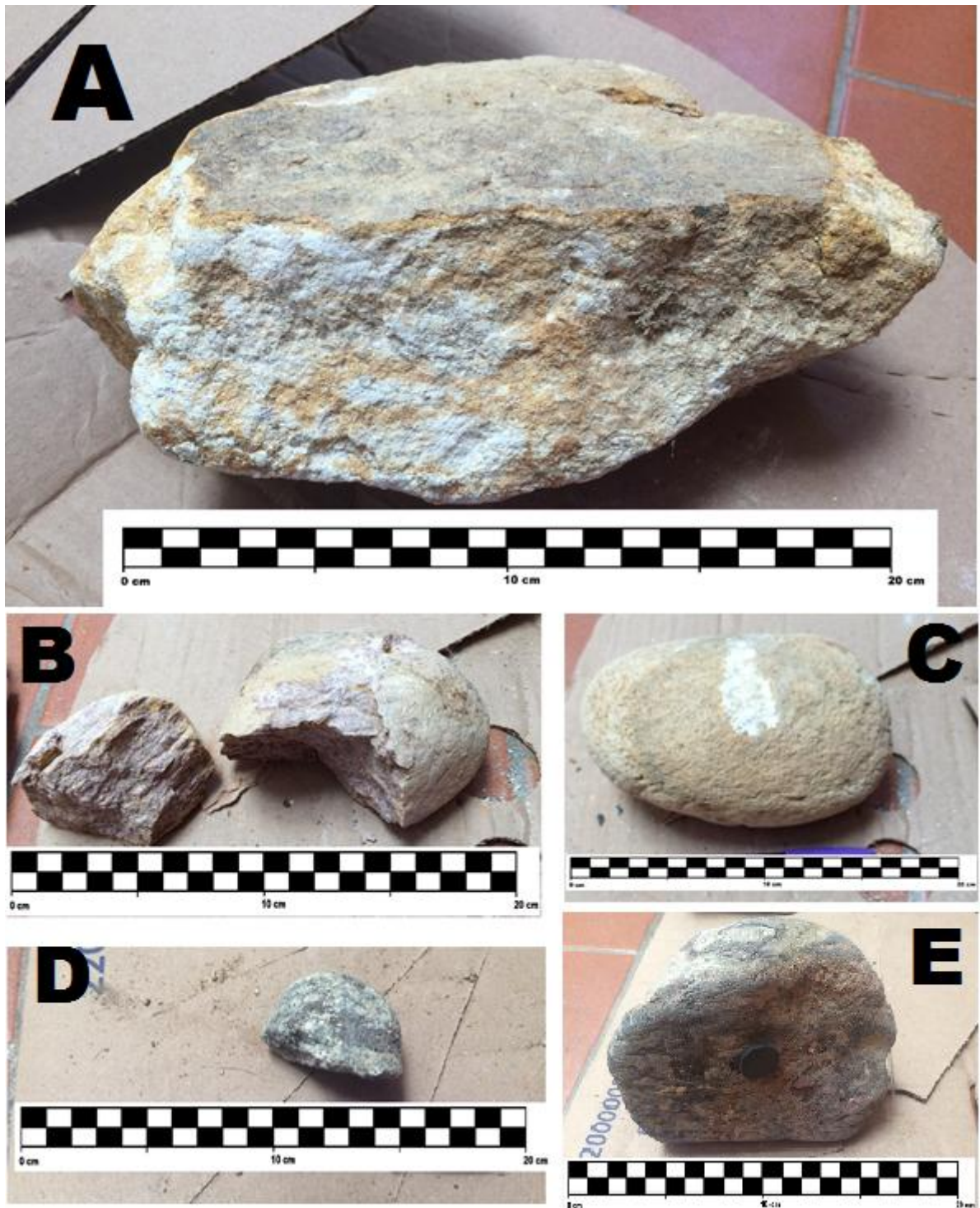


Figura 34. Algunos clastos encontrados en los depósitos del Miembro Órganos de a Formación Bucaramanga

Dentro de los predios de Cemex y aunque parcialmente cubierto por vegetación y laderas estabilizadas por la compañía, se alcanza a apreciar numerosos afloramientos

por el trascurso de las vías al Oeste (Figura 35). Aquí se puede notar mejor la intercalación de capas gravosas, de guijas a gujarros clasto y matriz soportadas, mal calibradas. Su matriz es principalmente arenolodosa y tiene capas finas de arenas lodosas, con alto contenido de plagioclasas. Sus clastos son principalmente guijos de cuarzo y gneises esquistosos.

También, por el sector sur de la cantera, se encuentra unos afloramientos muy particulares, por su contenido de clastos negros ferrosos (Figura 36), que no se encuentran en ninguno de los anteriores afloramientos, pero que aquí se aprecian en abundancia.



Figura 35. Afloramiento del Miembro Órganos de la Formación Bucaramanga al Noroeste, en los predios de Cemex.

Estos clastos oscuros son redondeados, de media a mala esfericidad, con fragmentos líticos de cuarzo, plagioclasa y matriz de hematita, magnetita y abundantes óxidos de titanio, como pudo identificarse en los análisis de la Sección Delgada 5 (Apéndice 1). Algunas de estas rocas tienen gran atracción magnética por su alto contenido de magnetita. También se les puede apreciar pequeñas bandas de ortopiroxenos (Enstatita) en cristales orientados. Uno de los niveles en los que predominan estos clastos oscuros, se encuentra en el afloramiento que (Diederix, et al., 2009), interpretó como una cuenca tectónica (sagpond).



Figura 36. Clasto ferroso. Característico en los depósitos al sur de la cantera.

Dicho afloramiento se puede apreciar al lado izquierdo de la Figura 37. A la derecha se ven unos niveles del Miembro Órganos de la Formación Bucaramanga. En la capa superior el depósito es clastosoportado y suprayace a un nivel de arena lodosa. Hacia la parte inferior se ve la unión con las lodolitas rojas del Miembro Inferior de la Formación Diamante, que sobresalen en el lugar por causa de eventos tectónicos.



Figura 37. Depósitos al sur de la cantera

5.1.4 Depósitos aluviales. Los depósitos aluviales presentes en la zona, corresponden principalmente a la cuenca del Río Suratá y algunos pocos drenajes aislados que se distinguen de la formación Bucaramanga, principalmente por su matriz más oscura y los tamaños variados de sus clastos.

El material que alimenta estos drenajes, proviene de las formaciones rocosas del macizo de Santander, por lo que es muy variado en su litología con rocas sedimentarias, ígneas y metamórficas en tamaños de guijos hasta grandes bloques, redondeados a subredondeados y con matriz arenosa color café oscuro.

5.2 Análisis estructural

La zona presenta una gran afectación estructural ya que se encuentra próxima a la intersección entre las fallas del Suarez y Bucaramanga, como se indica en la Figura 38.

Mientras que, por el sur se encuentra el Río Suratá en un gancho de la Falla de Suratá.

Todos los afloramientos se encuentran muy fracturados, con diferentes familias de diaclasas, especialmente en la parte Norte que corresponde a la cantera.

La Formación Tiburón, principalmente al Noreste, evidencia fracturas recrystalizadas como venas y venillas de calcita. Además, en las calciruditas se encontraron planos con estrías de falla (Figura 39). En cuanto a las lodolitas, se encuentran altamente fisiles.

El Miembro Inferior de la Formación Diamante, se encuentra muy fracturado a lo largo de la Vía a la Costa, con grandes bloques desprendidos y fallas cortando los estratos (Figura 40).

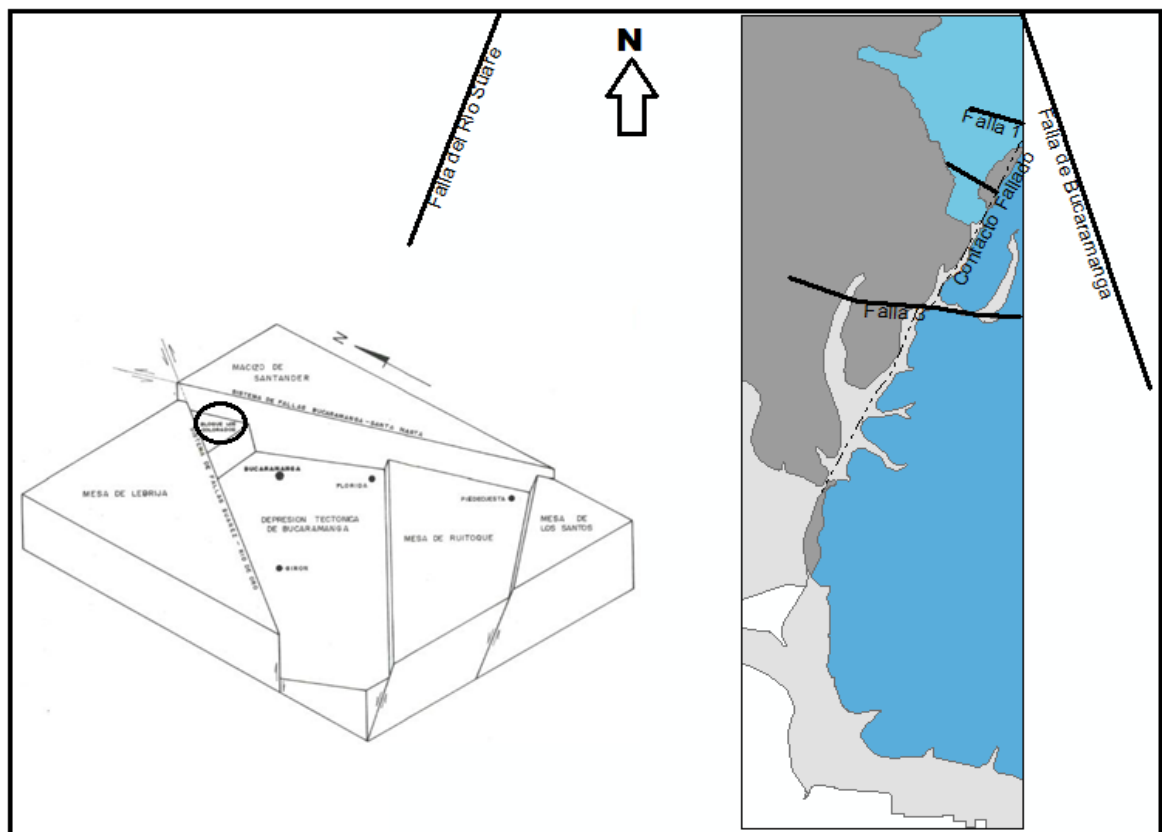


Figura 38. Ubicación con respecto a las fallas de Bucaramanga y Suarez.

Modificado de (Niño & Vargas, 1992)

Las calizas de la Formación Diamante también muestran venas y venillas de calcita en diferentes direcciones, planos estriados y espejos de falla. En algunas partes presenta brechas, con rocas cataclasita, caliza alterada e intrusiones de lava riolítica gris claro que puede ser confundida con la caliza. Estas intrusiones se pueden apreciar en forma de silos a favor de la estratificación y en las zonas de fracturas grandes, con espesores que llegan a los 2 m como se puede apreciar en la Figura 41.



*Figura 39. Plano estriado en calcirudita de la Formación Tiburón. Vía la Cantera –
Río Suratá.*



Figura 40. Fracturas notables en el Miembro Inferior de la Formación Diamante.

La disolución de óxidos de hierro y titanio, se incrementa en las zonas de fractura, especialmente cerca de las intrusiones que también contienen pirita. Además, se aprecian clastos redondeados de magnetita y hematita, con ortopiroxenos (Enstatita) orientados en capas del Miembro Órganos, presente sólo en este lugar.

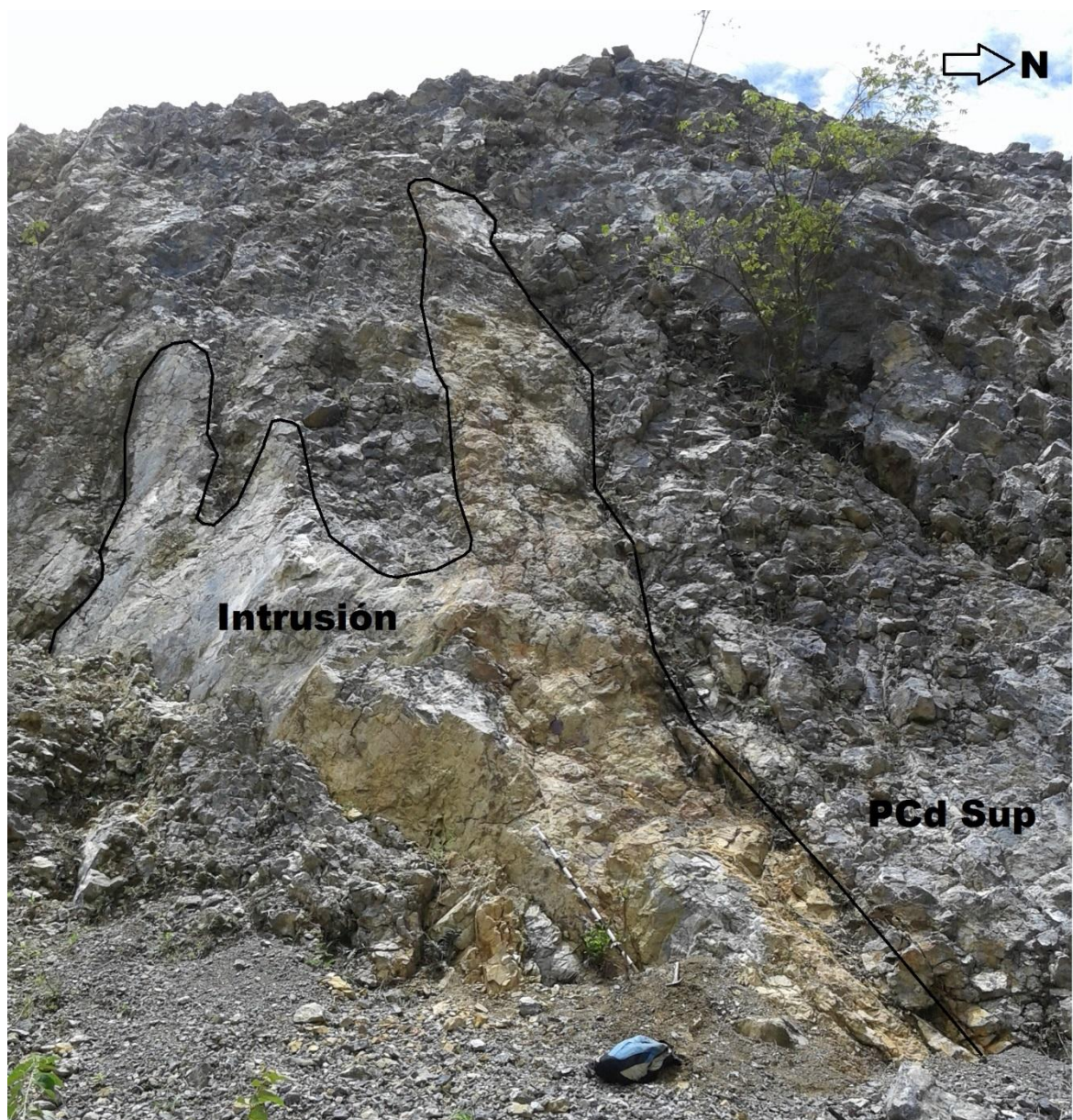


Figura 41. Intrusión de lava riolítica en las calizas de la cantera.

La Figura 42 ilustra las diferentes formas en que se presenta el hierro en la zona. Se muestra como disolución sobre lava riolítica (A), en laminas fisiles entre las calizas (B), en cristales de pirita sobre la lava riolítica (C) y en clastos redondeados de magnetita en depósitos cuaternarios. Esto, junto con la presencia de un remanente de cuarzo granular

(Figura 43) a pocos metros del depósito que (Diederix, et al., 2009) describió como una cuenca tectónica, puede indicar que dichos clastos son de origen volcánico.

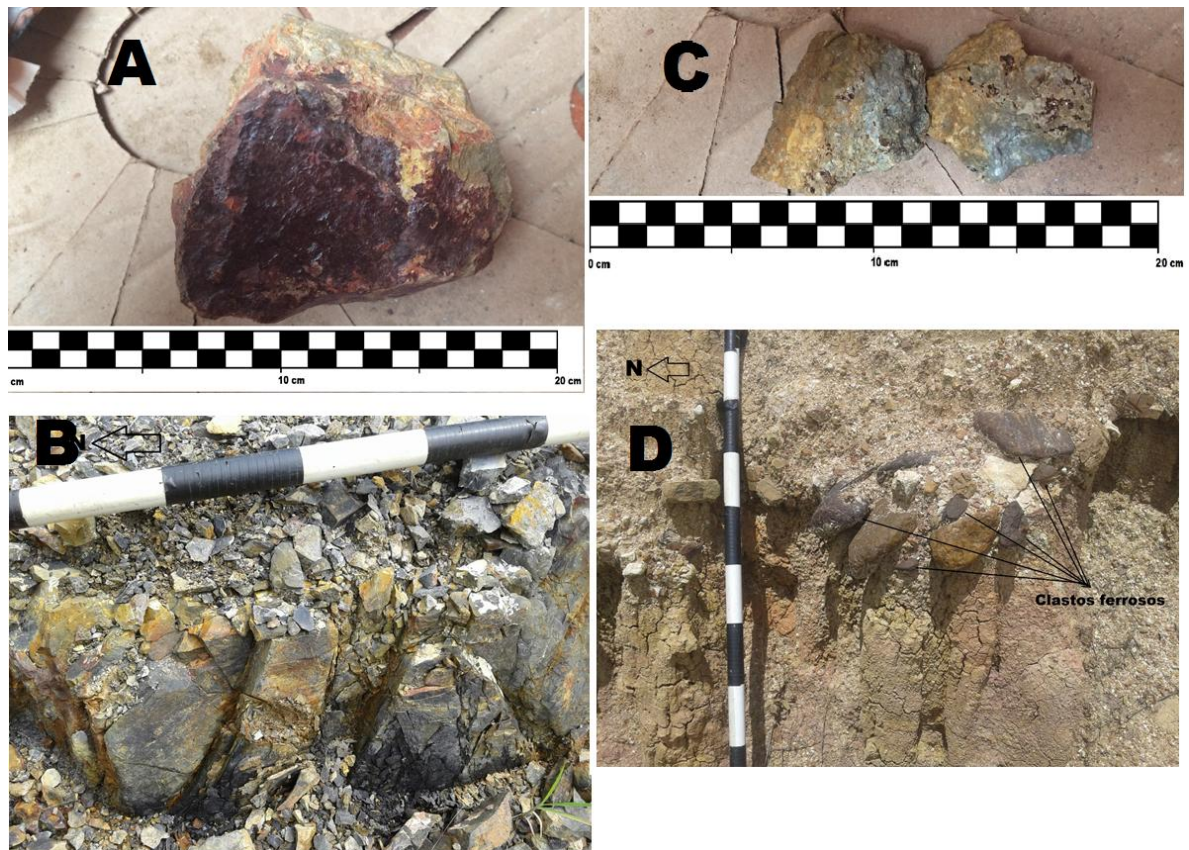


Figura 42. Diferentes formas en que se evidencia la presencia de minerales ferrosos.

Dentro de las grandes fallas encontradas en la cantera, hay 2 cartografiables a escala 1:2000. Estas se encuentran perpendicular a las capas de estratificación y por medición de los planos de falla y estrías escalonadas se determinó una cinemática de falla Inversa con componente destral.



Figura 43. Remanente de cuarzo granular. Al sureste de la cantera.

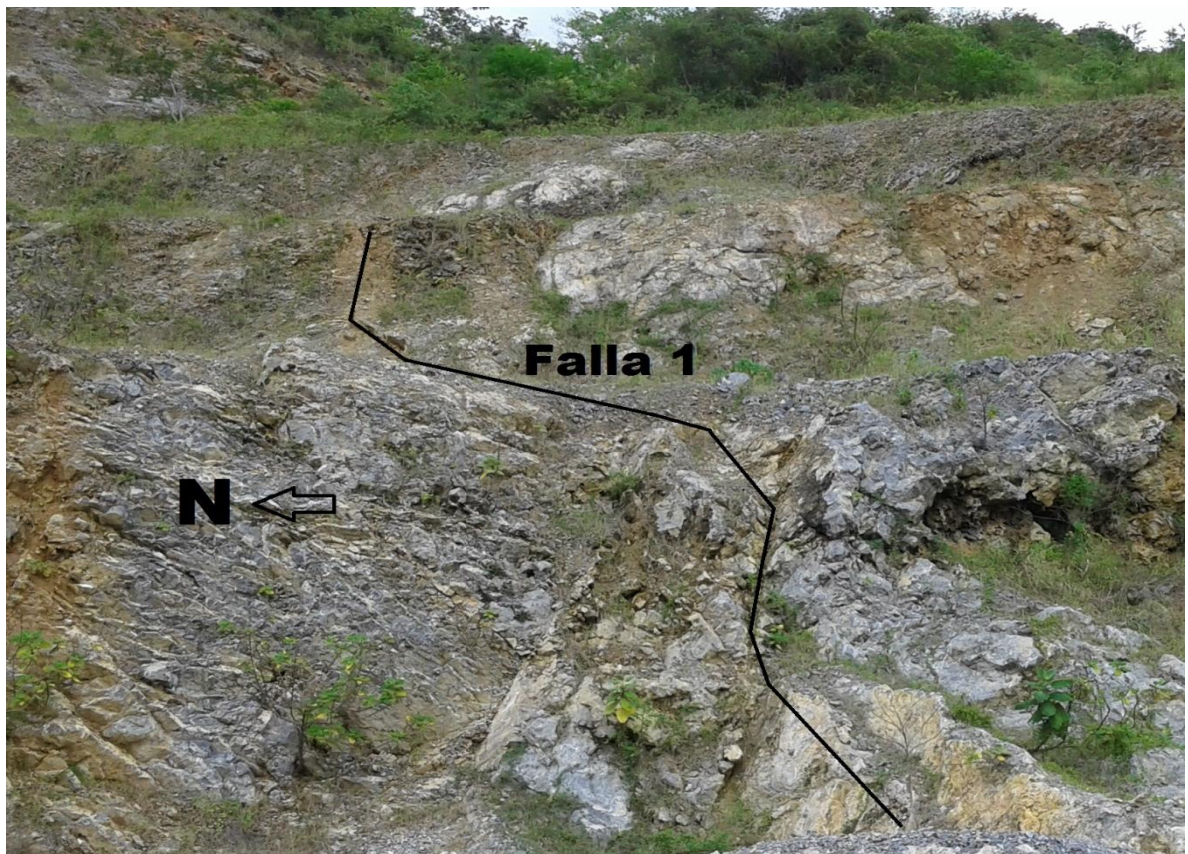


Figura 44. Trazo de la falla 1, visto desde la cantera.

La Falla 1 muestra un plano especular de dato estructural 285/60 y su cinemática es Inversa Destral (Figura 44).

La Falla 2 también contiene un plano espejular de dato estructural 300/66 y su cinemática es Inversa Destral, cuyo lineamiento se puede observar desde la parte alta de la cantera (Figura 45).

Adicionalmente, en la Figura 46 se evidencian brechas (A), cataclasitas (B, E, F, G, H) y planos estriados (C, D).

Desde la parte baja de la cantera se aprecia un gran plano espejular, correspondiente a la Falla 2 (Figura 47).

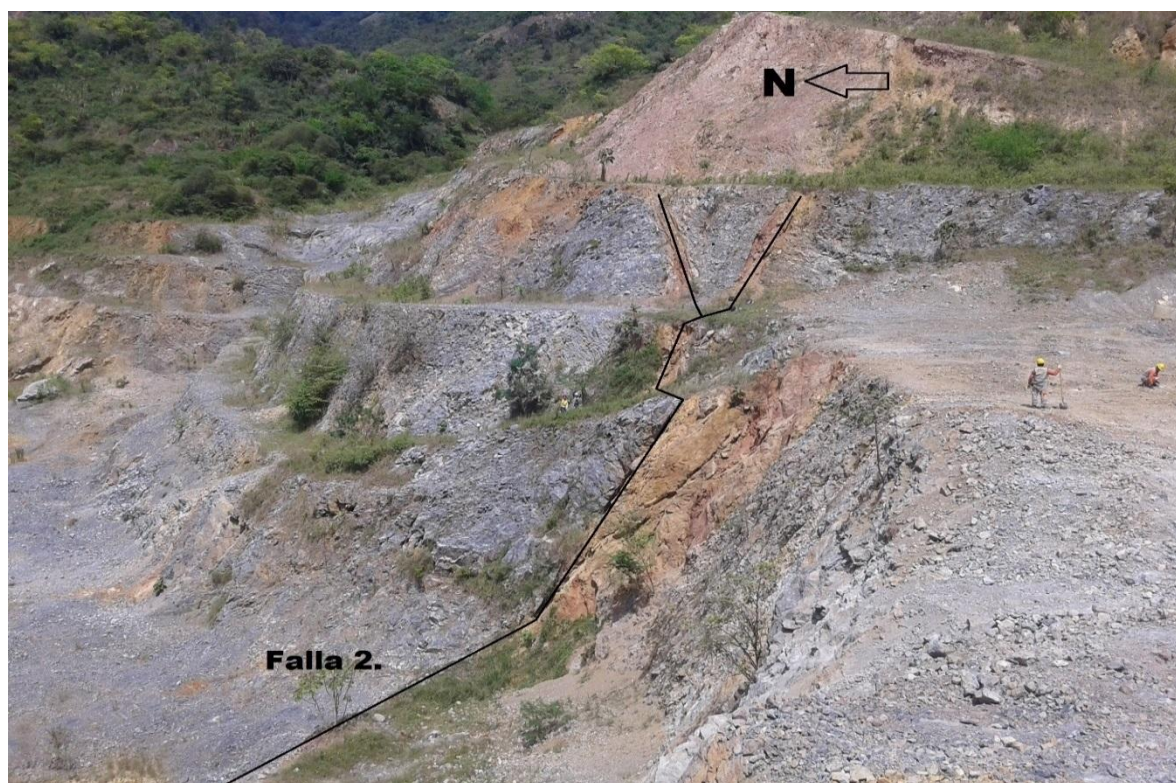


Figura 45. Falla 2 vista desde la parte alta de la cantera.

El contacto entre la Formación Tiburón y la suprayacente Formación Diamante, es discordante y fallado. De esta forma, la división entre las dos formaciones se produce en un drenaje recto y de pendientes pronunciadas.

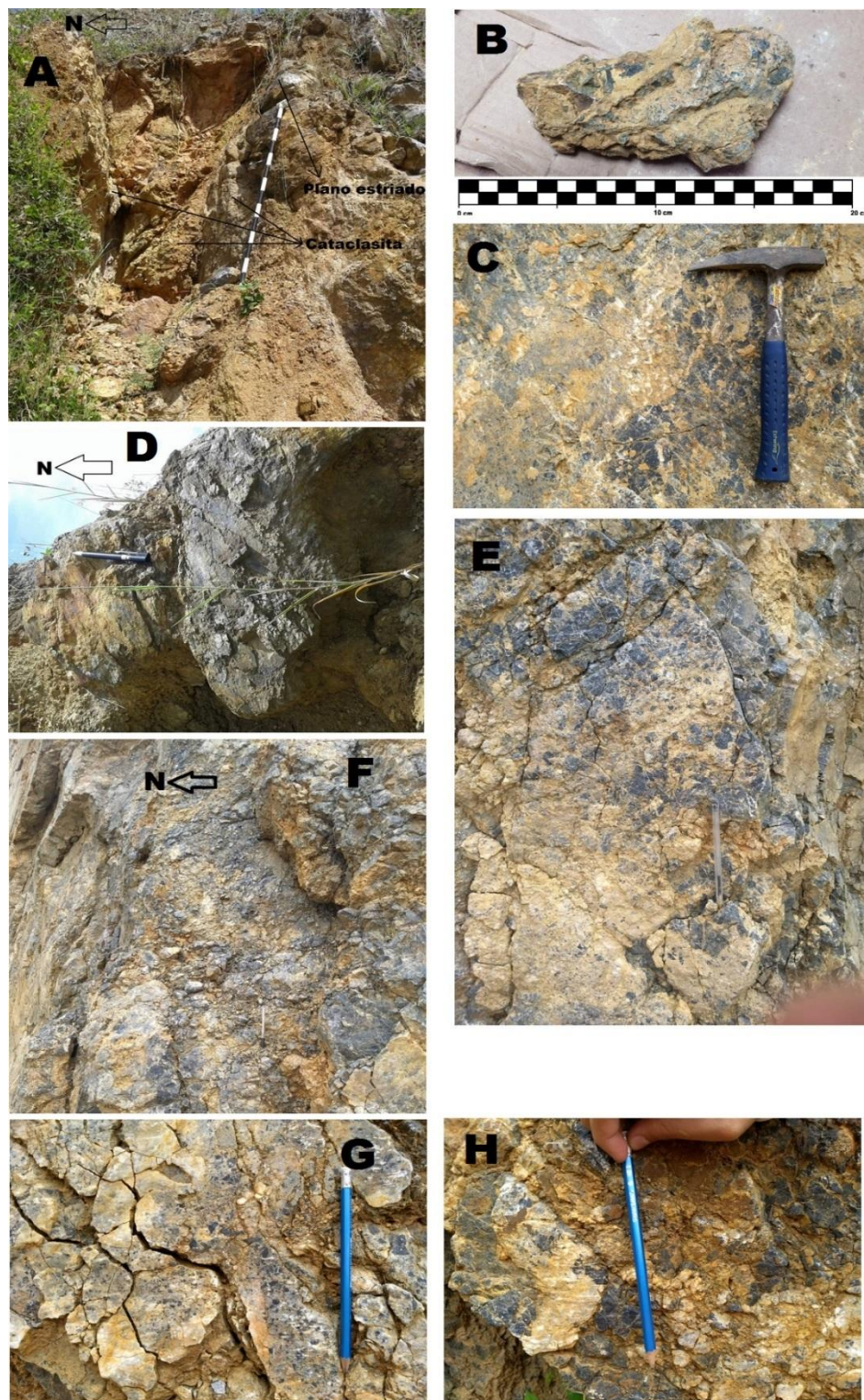


Figura 46. Evidencias estructurales de la falla 2. Al sur de la cantera.

En la parte sur de la zona, aunque el contacto está cubierto por el Miembro Órganos de la Formación Bucaramanga, parece que pasa directamente del Miembro Inferior de la

Formación Tiburón, al Miembro Inferior de la Formación Diamante, ya que no se observa evidencias de rocas de los miembros Medio y Superior de esta misma formación. Además, el espacio que hay entre los afloramientos de ambas formaciones es muy corto para que exista una unidad intermedia.



Figura 47. Plano espejador de la Falla 2. Al sur de la cantera.

Hacia la cantera, el contacto se da entre el Miembro Superior de la Formación Diamante y la parte Media de la Formación Tiburón.

La falla que une las dos formaciones tiene una cinemática sinistral, con un componente inverso hacia el Norte, por lo que se plantea la hipótesis de una estructura en Flor Positiva, que levantó las rocas del miembro inferior de la Formación Diamante durante la intensa actividad de la Falla de Bucaramanga del Mioceno Tardío al Plioceno y posteriormente, continuó el basculamiento y erosión que expusieron las rocas más profundas.

Dicha estructura se hace evidente por la compresión de las capas y la interrupción parcial de las calizas, por lodolitas y areniscas ondulosas, del miembro inferior de la

misma formación, tal como lo muestra la Figura 48. (A) Vista desde el Oeste. (B) Vista desde el Norte.

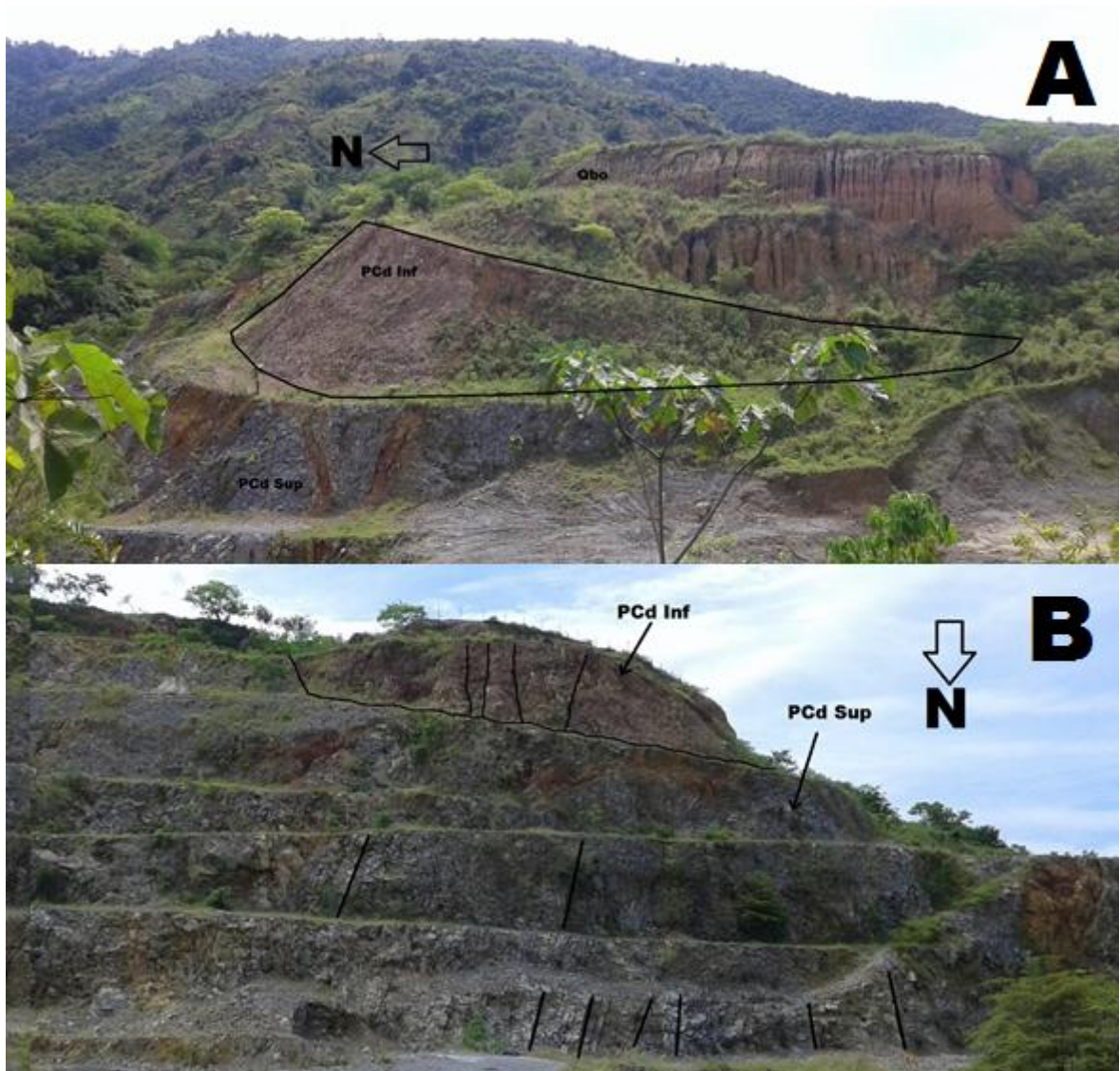


Figura 48. Hipotética estructura en Flor Positiva. Al sur de la cantera.

Así mismo, esta falla se ve desplazada en la parte central, por la Falla 3, que es de carácter dextral, evidenciada en el cambio recto del drenaje, aunque hacia el Oeste se vuelve un poco difusa al ser cubierta por el cuaternario de la Formación Bucaramanga.

5.3 Evolución histórica

Después de un tiempo de acreción, plegamiento y alto metamorfismo, producido por la Orogenia Caledoniana, en el Devónico Medio, se reactiva la sedimentación. Lo que conlleva a la depositación de la Formación Diamante, desde el Pensilvaniano medio al Pérmico medio, en un ambiente epicontinental o de plataforma, que, acompañado por una tectónica de fallamiento, con movimientos de levantamiento y hundimiento, produce pequeños eventos regresivos y transgresivos en la formación de los miembros inferior y medio, y un tiempo transgresivo mayor para la formación del miembro superior. Sin embargo, debido a su contenido fosilífero se puede determinar que no alcanzó grandes profundidades, sino que fue un mar somero que hacía parte del Océano Iapetus. La alternancia entre calizas biogénicas y las rocas terrígenas rojas, sugieren que la secuencia de regresiones y transgresiones se dio en un paisaje árido (Royero & Clavijo, 2001).

Entre el Pérmico Medio y el Triásico Superior, ocurre una actividad orogénica progresiva creciente (Ward, et al., 1973), lo que permite la depositación de la Formación Tiburón, en un ambiente transicional a continental, a partir de material erosionado de la infrayacente Formación Diamante. Sin embargo, a principios del Triásico, se marca una tectónica distensiva, lo que se manifiesta en el hundimiento de algunas partes (Royero & Clavijo, 2001) y que permite la generación de los conglomerados calcáreos de la parte superior de la Formación Tiburón, depositados en forma de abanico. Desde entonces, ha continuado el levantamiento de la Cordillera

Oriental, produciendo un fuerte basculamiento y erosión de sedimentos de las formaciones Diamante y Tiburón, alimentando otras formaciones hacia el Valle Medio del Magdalena.

Del Mioceno Tardío al Plioceno, se desplazó aproximadamente 100 km la falla de Bucaramanga - Sana Marta en sentido sinistral (Royero & Clavijo, 2001), lo que produjo una estructura en flor positiva hacia la parte norte del contacto entre las formaciones Tiburón y Diamante. Incluso, en la actualidad se observan evidencias de un alto grado de actividad tectónica asociada a esta falla, con un desplazamiento lateral izquierdo con componente vertical (Diederix, et al., 2009).

Para el cuaternario, se depositó en la zona, el Miembro Órganos de la Formación Bucaramanga que es la parte proximal y media de un abanico aluvial (Franco & Ramírez, 2018).

5.4 Cartografía

La Figura 49, muestra la cartografía resultante de este trabajo. Sin embargo, el mapa a escala 1: 2000 se encuentra en el Apéndice 4, ya que es muy grande para incluirse en este documento.

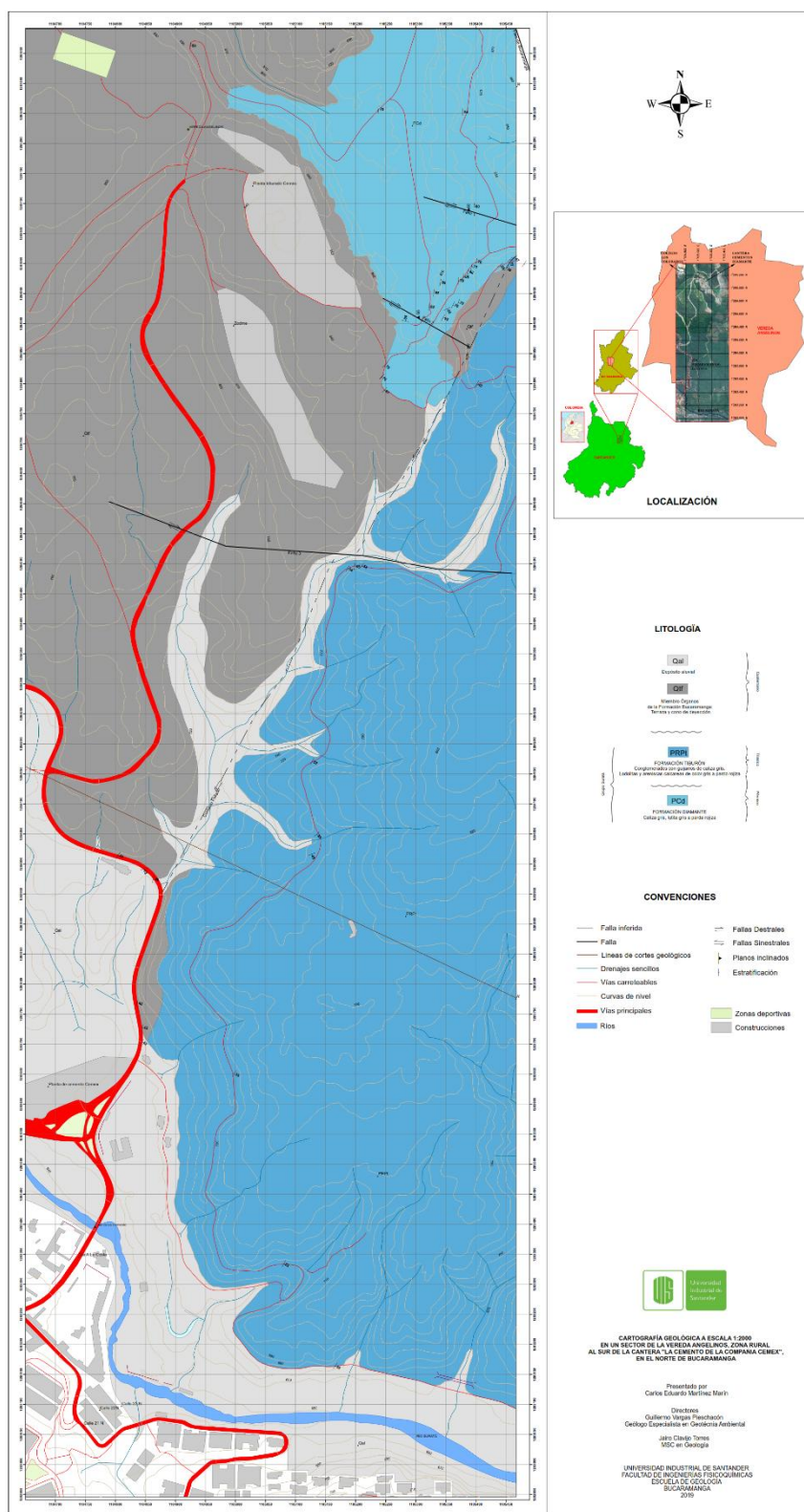


Figura 49. Cartografía geológica en un sector de la vereda angelinos, zona rural al sur de la cantera "La Cemento de la compañía Cemex", en el norte de Bucaramanga.

6. Discusión

Teniendo en cuenta que las características geológicas están en constante cambio, se debe destacar la importancia de la actualización cartográfica propuesta en este trabajo, ya que la actual cartografía de la plancha H12 de Ingeominas (Ward, et al., 1973) y (Royero & Clavijo, 2001), ha tenido vigencia por muchos años y es presentada en una escala 1:100000, que no muestra un gran nivel de detalle en la zona. Sin embargo, se debe admitir que, para las condiciones de la época, los cambios del tiempo y la escala, los resultados son muy aproximados y han servido de base para la realización de muchos trabajos.

Con el nivel de detalle en la cartografía 1:2000, se puede apreciar el Miembro Órganos de la Formación Bucaramanga, que antes sólo era cartografiado como un depósito cuaternario, sin mayor distinción de los depósitos aluviales de la cuenca del Rio Suratá.

La identificación de fósiles guía lograda por (Ward, et al., 1973) y (BERNAL & ROSA, 1994) es muy completa (Braquiópodos, Crinoideos, Equinodermos, Pelecípodos, Cnidarios, Foraminíferos y Briozoarios), cosa que no se ha conseguido en este trabajo, ya que las poligonales abiertas que ellos trazaron, se ubican en sectores más al Norte.

Otro factor que no ha jugado a favor en el reconocimiento de muestras fósiles, es la alta meteorización y la afectación estructural de la zona, permitiendo identificar únicamente pequeños fragmentos fracturados de conchas de crinoideos, bivalvos y foraminíferos. Pero si, se encontraron fósiles bien preservados de Cnidaria (Tabulatata Chaetetes), que es muy importante en la datación de las calizas de la Formación

Diamante, ya que este género de coral, vivió durante el paleozoico y después se extinguió.

Un aporte importante de este trabajo es el reporte de intrusiones de lava riolítica, que no ha sido mencionado en trabajos anteriores, posiblemente porque se encontraban cubiertas, o se confundían con las calizas, debido al color y al tamaño microscópico de los cristales que pertenecen a una lava riolítica. Estas intrusiones se acompañan por pirita y contenido abundante de óxidos ferrosos y de titanio, en capas gruesas que sobresalen entre las fracturas de la roca. Esto, junto con el trabajo de (Diederix, et al., 2009) en el que caracterizó un afloramiento al sur de la cantera, como una cuenca tectónica, puede explicar el origen volcánico de los clastos ferruginosos, presentes en dicho afloramiento. Explicándolo, en otros términos, cuando ocurría un evento sísmico, la cuenca tectónica sufría un basculamiento registrado en las capas del afloramiento. Al mismo tiempo, por las fracturas de las calizas intruía lava riolítica, acompañada de un gran contenido de óxidos de hierro, que en los eventos más explosivos lanzaba bloques, que se depositaron en la cuenca tectónica. Uno de estos eventos más explosivos, se evidencia en un remanente de cuarzo granular, a pocos metros de la cuenca tectónica. Además, este afloramiento se encuentra muy cerca de una estructura de Flor Positiva que puede corroborar la tesis de (Diederix, et al., 2009) de que la Falla de Bucaramanga se encuentra activa.

Por otro lado, (Ward, et al., 1973) menciona que el contacto entre las formaciones Diamante y Tiburón, es discordante y fallado, lo cual concuerda con los datos estructurales y estratigráficos encontrados en este trabajo.

7. Conclusiones

Los espesores medidos de las rocas aflorantes fueron: 57.8 metros para el Miembro Inferior de la Formación Diamante; 178.7 m para el Miembro Superior de la Formación Diamante; 107.3 para la Poligonal 1 de la Formación Tiburón Y 69.9 para la Poligonal 2 de la Formación Tiburón.

En las calizas de la Formación Diamante, se encontraron fósiles de Cnidarios Tabulata Chaetete, Foraminíferos de la superfamilia Fusulinoidea y Foraminíferos del suborden Fusulinina, que son característicos del Carbonífero y Pérmico.

En la cantera de Cementos Diamante, se aprecian intrusiones de lava riolítica y un remanente de cuarzo granular, asociados con disoluciones de óxidos ferrosos y de Titanio, que no habían sido reportados en trabajos anteriores.

Al sureste de la cantera se encuentran clastos ferrosos con alto contenido de magnetita, óxidos de titanio y cristales orientados de ortopiroxenos (Enstatita), que tampoco habían sido mencionados por otros autores anteriormente. Estos clastos tienen un posible origen volcánico por su relación con las intrusiones presentes en la zona.

El contacto entre las formaciones Diamante y Tiburón es discordante y fallado a través de un drenaje recto, con pendientes pronunciadas. La falla tiene una cinemática sinistral y hacia la parte norte presenta una tendencia compresiva que permite el afloramiento del Miembro Inferior de la Formación Diamante, sobre el Miembro Superior, con una estructura en Flor Positiva.

Además del contacto fallado, se trazaron 3 fallas más que cortaban perpendicularmente la estratificación de las formaciones, con una cinemática inversa con componente dextral para la Falla 1 y 2 y dextral para la Falla 3.

8. Recomendaciones

Los hallazgos descritos en esta investigación ameritan un estudio más detallado, por lo que se sugiere la elaboración de trabajos específicos que permitan: determinar la génesis de los clastos ferrosos encontrados al sureste de la cantera; profundizar en el estudio de la neotectónica de la zona y su asociación con la Falla de Bucaramanga; e identificar y detallar los diferentes fósiles paleozoicos, presentes en la zona, especialmente los micro y nanofósiles de las rocas micritas en la cantera.

Referencias bibliográficas

Badura, J. & Boguslaw, P., 2005. Application of Digital Elevation Models to Geological and Geomorphological Studies — Some Examples. *Przegląd Geologiczny*, Vol. 53, Nr 10/2, Pp. Pag. 977-983.

Banco de la Republica , 2017. *Boletín Económico Regional. II Trimestre de 2017. Nororiente Colombiano*, Bogotá: S.N.

Banco Mundial, Colombia, 2012. *Análisis de la Gestión del Riesgo de Desastres en Colombia: un Aporte para la Construcción de Políticas Públicas*. Bogotá, Colombia: 1818 H Street, N.W. Washington, D.C. 20433, U.S.A..

Bernal, N. G. & Rosa, M. B. L. D. L., 1994. *Estudio de las Sedimentitas Paleozoicas Al N de Bucaramanga (Sector Vijagual - Los Colorados - Finca Cementos Diamante)*. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander (Uis).

Boinet, T., Bourgois, J. & Mendoza, H., 1985. Tectónica de Sobrecorrimiento y sus Implicaciones Estructurales en el Área Pamplona-Cordillera Oriental de Colombia. En: *Boletín de Geología, Uis, 15 (29): Universidad Industrial de Santander*. . Bucaramanga: S.N., Pp. 81-97.

Clavijo, J. Y Otros, 2008. Evolución Geologica de la Serranía de San Lucas, Norte del Valle Medio del Magdalena y Noreste de la Cordillera Oriental.. *Boletín de Geología, Vol 30, No. 1.*, Pp. 45-62.

Cruz Guevara, L. E., 1997. *Paleontología de Invertebrados, Guías de Laboratorio*. Bucaramanga: Escuela de Geología, Universidad Industrial de Santander.

Cruz, L. E. & Caballero, V., 2007. *Guía de Laboratorio de Sedimentología para Geólogos*. Bucaramanga: Escuela de Geología, Uis.

Dickey, P., 1941. Pre-Cretaceous Sediments in the Cordillera Oriental of Colombia. En: Tulsa, U.S.A.: Aapg Bulletin. V 25. N° 9, Pp. 603-623.

Diederix, H. Y Otros, 2009. Resultados Preliminares del Primer Estudio Paleosismológico a lo Largo de la Falla de Bucaramanga, Colombia. *I+D Vol. 9 No 2*, Pp. 18-23.

Duque-Caro, H., 1980. Geotectónica y Evolución de la Región Noroccidental Colombiana. En: *Boletín Geológico*, 23 (3): . S.L.:Ingeominas, Pp. 4-37..

Franco, M. A. & Ramírez, A. M., 2018. *Reconstrucción Paleoambiental de los Miembros Órganos, Finos y Gravosos de la Formación Bucaramanga en el Área Metropolitana de Bucaramanga*. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander.

García Ramirez, C. A., 2007. *Manual de Practicas de Petrología Metamórfica*. Bucaramanga: Escuela de Geología, Universidad Industrial de Santander..

Griem, D. W., 2016. *Museo Virtual Atacama*. [En Línea] Available At: <https://www.geovirtual2.cl/geologiageneral/ggcap04a.htm> [Último Acceso: 06 2019].

Julivert, M., 1961. Nuevas Observaciones sobre la Estratigrafía y Tectónica del Cuaternario de los Alrededores de Bucaramanga. En: *Boletín de Geología Universidad Industrial de Santander*. N° 15. Bucaramanga: S.N., Pp. 41-59.

Julivert, M. & Téllez, N., 1961. Sobre la Presencia de Fallas de Edad Precretácica y Post-Girón (Jura-Triásico) en el Flanco W del Macizo de Santander (Cordillera Oriental, Colombia). En: *Boletín De Geología, Uis*, 12. S.L.:S.N., Pp. 5-17.

Mantilla Figueroa, L. C., 2003. *Guías de Laboratorio de Petrología Ígnea*. Bucaramanga: Escuela de Geología, Universidad Industrial de Santander.

Mojica, J. & Franco, R., 1990. Estructura y Evolucion Tectónica del Valle Medio y Superior del Magdalena. Colombia. En: Bogotá: S.N., Pp. 41-64.

Niño, A. & Vargas, G., 1992. *Geología y Geotecnia de la Escarpa Noroccidental de la Meseta de Bucaramanga*. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander.

París, G. & Sarria, A., 1988. Proyecto Geofísico del Nordeste Colombiano.. En: Cali: Ingeominas, P. 48.

Regueiro, M., 2008. Los Minerales Industriales en la Vida Cotidiana. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, Pp. Pag. 276-286.

Royero, J., 1994. Geología de la Plancha 65, Tamalameque (Departamentos del Cesar y Bolívar). . En: *Memoria Explicativa*. . Bucaramanga: Ingeominas, P. 53.

Royero, J. M. & Clavijo, J., 2001. Memoria Explicativa Departamento de Santander. En: S.L.:Instituto de Investigación e Información Geocientífica, Minero-Ambiental y Nuclear. Ingeominas, Pp. 74-76.

Servicio Geológico Colombiano, (., 2017. *Las Amenazas por Movimientos en Masa de Colombia. una Visión a Escala 1:100.000*. Bogotá, D. C.: Imprenta Nacional de Colombia. Primera Edición. 2017.

Suárez, C. L. U. & Zuluaga, C. A., 2011. Petrografía del Neis De Bucaramanga en Cercanías a Cepitá, Berlín y Vetas – Santander. *Geología Colombiana*, Vol. 36 No. 1 - Edición Especial - Issn 0072-0992 Universidad Nacional de Colombia, Pp. 37-55.

Toro, J., 1990. The Termination of the Bucaramanga Fault in the Cordillera Oriental, Colombia, . En: Master's Thesis, University of Arizona, Department of Geosciences, Tucson: S.N., P. 60.

Tschanz, C. Y Otros, 1974. Geologic Evolution of the Sierra Nevada de Santa Marta, Northeastern Colombia. . En: S.L.:Geological Society Of America, 85, Pp. 273 - 284.

Ward, D. E., Goldsmith, R., B., J. C. & A., H. R., 1973. Boletín Geológico. Volumen Xxi. Geología de los Cuadrangulo H12 Bucaramanga y H13 Pamplona.. En: Departamento de

Santander: Ministerio de Minas y Petroleos, Instituto Nacional de Investigación Geológico-Mineras, Pp. 120-125.

Yáñez M, C. F., 2004. *Importancia de la Cartografia Geologica para la Planeacion Territorial*. Guadalajara, Mexico, S.N.