

**ESTUDIO CARTOGRÁFICO GEOLÓGICO PRELIMINAR A ESCALA 1:25.000
DE LA PLANCHA 96-I-C: SECTOR MONTERREY – POZO AZUL (SERRANÍA
DE SAN LUCAS, DEPARTAMENTO DE BOLÍVAR)**

**ANA MARIA MARTINEZ ARDILA
ADRIAN PEREZ AVILA**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-QUÍMICAS
ESCUELA DE GEOLOGÍA
BUCARAMANGA
2006**

**ESTUDIO CARTOGRÁFICO GEOLÓGICO PRELIMINAR A ESCALA 1:25.000
DE LA PLANCHA 96-I-C: SECTOR MONTERREY – POZO AZUL (SERRANÍA
DE SAN LUCAS, DEPARTAMENTO DE BOLÍVAR)**

ANA MARIA MARTINEZ ARDILA

ADRIAN PEREZ AVILA

**Trabajo de Grado como requisito para optar al Título de
Profesional en Geología**

LUÍS CARLOS MANTILLA FIGUEROA

Geólogo Ph.D en Petrología y Geoquímica

Director

JORGE EDUARDO PINTO VALDERRAMA

Geólogo M. Sc. en Sistemas

Codirector

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

2006

DEDICATORIA

A mi Dios porque en cada paso que he dado, siempre me ha tomado con su mano tierna y me ha sustentado.

A mi Madre por su apoyo constante en la consecución de mis metas y por haberse convertido en mi modelo a seguir.

A mi Esposo Cesar, por su amor incondicional, su gran apoyo y colaboración; y por creer que la geología es más que un sueño para mí.

A mis Hermanos Oscar y Nata porque su cariño y buenos deseos nunca me han faltado.

A mis Amigos por todos aquellos momentos que hemos compartido y por los que espero vendrán.

A todos con amor, mil gracias.

Ana María.

A mi familia, amigos, compañeros y compañeras que me acompañaron en mi vida universitaria, a todos aquellos que hacen que esta universidad continúe siendo pública a todos Muchas gracias.

Por último solo soy culpable de haber seguido un horizonte infinito cuyo final nadie puede predecir.

Adrián.

AGRADECIMIENTOS

Al Profesor Luís Carlos Mantilla Figueroa, Director de nuestro proyecto de grado, por permitirnos trabajar a su lado durante la realización de este gran proyecto; por su inmensa calidad humana, su gran colaboración y su valiosa orientación durante la elaboración de éste trabajo.

Al Geólogo Jorge Eduardo Pinto Valderrama, por su incondicional disposición y valiosa ayuda en todo momento sin importar las circunstancias; y porque más que un codirector termino siendo un amigo.

A La Escuela de Geología de la Universidad Industrial de Santander por el préstamo de sus instalaciones.

Al Equipo de trabajo de INGEOMINAS conformado por los Geólogos: Luis Bernal, Jairo Clavijo, Rafael Duarte, Eduardo López, Ernesto Gómez, Carlos Mario Celada, Jairo Alonso Osorio, Mario Andrés Cuellar, Eduardo Castro y Diego Ibáñez; por su trabajo y colaboración en el desarrollo de este proyecto, su experiencia y cada uno de sus valiosos aportes indispensables en la realización de este proyecto de grado.

Al Profesor Jairo Clavijo, por compartir su experiencia y conocimiento con nosotros y por cada uno de sus valiosos aportes en las jornadas de campo y en la elaboración de este informe.

A los Geólogos, Jairo Alonso Osorio y Mario Andrés Cuellar quienes pertenecen al grupo de Neotectónica del INGEOMINAS y a quienes manifestamos nuestro profundo agradecimiento por su orientación y apoyo permanente en este campo.

Al Profesor Juan Diego Colegial por su colaboración y experiencia en el campo de la Fotogeología.

A los Geólogos, Isaid Quintero, Ricardo Franco, David Ricardo Prada, Helberg Calderón y Giovanni Jiménez; quienes nos acompañaron en las jornadas de campo y por cada uno de sus valiosos aportes durante cada una de las fases de este proyecto.

A nuestros guías y conductores en cada una de las comisiones por su gran ayuda y trabajo. Además a cada uno de los habitantes y autoridades de las poblaciones en las que estuvimos.

A Luis Francisco Torres y Víctor Pacheco Auxiliares de INGEOMINAS por toda su ayuda y su servicio incondicional en las jornadas de campo.

A Nuestros Calificadores, los Profesores Ricardo Mier Umaña y Mario García; por cada uno de sus valiosos aportes, en aras de mejorar nuestro trabajo.

CONTENIDO

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN.	1
OBJETIVOS	3
2. METODOLOGÍA.	4
2.1. FASE PRE-CAMPO.	4
2.1.1. Recopilación y Revisión de la Información.	4
2.1.2. Interpretación de Imágenes Satelitales y Fotografías Aéreas.	4
2.1.3. Elaboración del Mapa Fotogeológico Preliminar.	5
2.2. FASE DE CAMPO.	6
2.3. FASE DE LABORATORIO.	7
2.3.1. Descripción Macroscópica de Muestras.	7
2.3.2. Elaboración y Descripción Petrográfica de Muestras.	7
2.4. FASE DE INTERPRETACIÓN DE DATOS.	7
2.5. ELABORACIÓN DEL INFORME FINAL.	8
3. GENERALIDADES DEL ÁREA DE TRABAJO.	9
3.1. LOCALIZACIÓN.	9
3.2. VÍAS DE ACCESO.	11
3.3. CLIMA.	11
3.4. VEGETACIÓN E HIDROGRAFÍA.	12
3.5. POBLACIÓN Y ENTORNO SOCIAL.	13
4. ANTECEDENTES.	14
4.1. ANTECEDENTES ESTRATIGRÁFICOS.	14
4.2. ANTECEDENTES FOTOGEOLOGÍCOS Y CARTOGRÁFICOS.	16
4.3. ANTECEDENTES ESTRUCTURALES Y TECTÓNICOS.	17
4.4. GEOLOGÍA REGIONAL.	19

	Pág.
5. RESULTADOS.	22
5.1. SENSORES REMOTOS Y FOTOGEOLOGÍA.	22
5.1.1. Consideraciones Preliminares.	22
5.1.2. Formación Noreán (Jn) y Formación Jurasica (Jn?).	25
5.1.3. Formación Rosablanca (Kipr).	26
5.1.4. Formación Simití (Kmst).	26
5.1.5. Formación Real Mesa (N1m N1-2r).	26
5.1.6. Cuaternario Aluvial (Qal) (Q-alip).	27
5.1.7. Cuaternario Coluvión (Qco).	27
5.1.8. Cuaternario Fluvio lacustre (Q-af).	27
5.1.9. Terraza de San Pablo (NgQ-etzsp).	27
5.2. ESTRATIGRAFÍA.	28
5.2.1. Consideraciones Preliminares.	29
5.2.1.1. Unidad Volcanoclástica de Noreán (J1-2n).	30
5.2.1.2. Unidad Conglomerática de Arenal (J3a).	35
5.2.1.3. Unidad Rosablanca-Paja (K1r K1p).	40
5.2.1.4. Unidad Tablazo -Simití (K1t-K2s).	46
5.2.1.5. Unidad Real-Mesa (N1m N1-2r).	52
5.2.1.6. Depósitos Cuaternarios.	60
5.2.1.6.1. Depósitos de coluvión (Qco).	60
5.2.1.6.2. Depósitos Fluviales de canal (Qfc).	60
5.2.1.6.3. Depósitos de llanura de inundación (Qfal).	61
5.3. ESTRUCTURAL	62
5.3.1 Consideraciones Preliminares.	66
5.3.1.1. Fallas (descripción de la deformación).	67
5.4 GEOLOGÍA ECONÓMICA.	71
5.4.1. Oro.	71

5.4.2. Materiales de Construcción.	72
5.5. GEOLOGÍA AMBIENTAL.	73
5.5.1. Contaminación.	73
5.6. PETROGRÁFICA DE ROCAS.	75
5.6.1. Consideraciones Preliminares.	75
5.6.2. Rocas Jurasicas.	75
5.6.3. Rocas Cretácicas.	82
5.7 MODELO PRELIMINAR DE EVOLUCIÓN GEOLÓGICA.	87
5.7.1. Modelo preliminar de evolución.	87
6. CONCLUSIONES	90
RECOMENDACIONES	92
BIBLIOGRAFÍA	93

ANEXOS

- 1. MAPAS FOTOGEOLOGICO Escala 1:25.000.**
- 2. MAPA GEOLOGICO Escala: 1:25.000.**
- 3. COLUMNA ESTRATIGRÁFICAS GENERAL.**
- 4. CORTES GEOLOGICOS.**
- 5. CATALOGO DE LIBRETA DE CAMPO.**
- 6. CATALOGO DE MUESTRAS DE ROCA.**
- 7. CATALOGO DE PETROGRAFÍA.**

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
FIGURA 1. Localización del Área de estudio.	10
FIGURA 2. Esquema geológico de la Serranía de San Lucas.	21
FIGURA 3. Esquema derivado de la interpretación de las imágenes satelitales.	23
FIGURA 4. Diagrama de interpretación fotogeológica y de las imágenes satelitales.	24
FIGURA 5. Imagen del mapa preliminar fotogeológico de la plancha 96-I-C.	25
FIGURA 6. Unidades cartografiadas y sus relaciones geométricas en la plancha 96-I-C.	29
FIGURA 7. Alrededores de Caño Maya. Morfología de la U.V.N. (J1-2n).	31
FIGURA 8. Vía San Blas-Santa Lucía. Morfología de la U.V.N. (J1-2n).	32
FIGURA 9. Margen izquierda del río Boque. U.V.N (J1-2n), tobas feldespáticas.	32
FIGURA 10. U.V.N. (J1-2n), Afloramiento de Lavas Riolíticas.	33
FIGURA 11. Alrededores de Caño Maya. U.V.N. (J1-2n), lodolitas rojizas.	34
FIGURA 12. Dique de dacita entre tobas líticas muy diaclasadas, U.V.N. (J1-2n).	34
FIGURA 13. Arenas conglomeráticas de la Unidad Conglomerática de Arenal (J3a).	36
FIGURA 14. Nivel de conglomerados y de areniscas de la U.C.A. (J3a).	37
FIGURA 15. Unidad Conglomerática de Arenal (J3a). Paquete potente de areniscas.	38
FIGURA 16. Contacto discordante entre U.V.N. (J1-2n) y U.C.A. (J3a).	39
FIGURA 17. Morfologías de la U.V.N (J1-2n) y la Unidad Conglomerática de Arenal (J3a).	39
FIGURA 18. Expresión geomorfológica de la Unidad Rosablanca-Paja (K1r K1p).	41
FIGURA 19. Panorámica de las morfologías de U.V.N. (J1-2n) y U.C.A (J3a).	42
FIGURA 20. Unidad Rosablanca - Paja (K1r K1p) afloramiento de Caliza masiva compacta.	43
FIGURA 21. Unidad Rosablanca - Paja (K1r K1p). Caliza masiva compacta con fósiles.	43
FIGURA 22. Rocas de La Unidad Rosablanca – Paja (K1r K1p). Caliza esparítica.	44
FIGURA 23. Rocas de La Unidad Rosablanca – Paja (K1r K1p) lodolitas algo calcáreas.	44
FIGURA 24. Rocas de La Unidad Rosablanca – Paja (K1r K1p). Arcillolitas muy orgánicas.	45
FIGURA 25. Rocas de La Unidad Rosablanca – Paja (K1r K1p).	45

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
FIGURA 26. La Unidad Tablazo-Simití (K1t K2s). Afloramiento de 3 metros.	48
FIGURA 27. La Unidad Tablazo-Simití (K1t K2s).	49
FIGURA 28. La Unidad Tablazo-Simití (K1t K2s). Panorámica sitio contacto transicional.	50
FIGURA 29. Contacto discordante entre lodolitas de (K1t K2s) y (J3a).	50
FIGURA 30. Rocas de La Unidad Tablazo-Simití (K1t K2s). Lodolitas negras laminadas.	51
FIGURA 31. Panorámica sector noroccidental de Monterrey. Morfologías.	52
FIGURA 32. Unidad Real - Mesa (N1m N1-2r). Expresión geomorfológica ondulosa.	54
FIGURA 33. Unidad Real - Mesa (N1m N1-2r). Areniscas Tobáceas de esta Unidad.	54
FIGURA 34. Unidad Real - Mesa (N1m N1-2r). Cerrito al SE de la Población de Pozo Azul.	55
FIGURA 35. Unidad Real - Mesa (N1m N1-2r). Niveles arenáceos y gravosos.	56
FIGURA 36. Unidad Real - Mesa (N1m N1-2r). Niveles de conglomerados con cantos.	56
FIGURA 37. Detalle de los conglomerados la Unidad Real-Mesa (N1m N1-2r).	57
FIGURA 38. Niveles areno arcillosos de la Unidad Real-Mesa (N1m N1-2r), Xilópalos.	58
FIGURA 39. Niveles areno arcillosos y Depósitos de conglomerados de (N1m N1-2r).	58
FIGURA 40. Niveles areno arcillosos y depósitos tobáceos (N1m N1-2r).	59
FIGURA 41. Estructura transpresiva de la SSL asociada a la Falla Palestina.	63
FIGURA 42. Esquema estructural de la geometría de la flor positiva del sistema las Brisas.	64
FIGURA 43. Evolución de la rotación flexural del Valle del Magdalena.	66
FIGURA 44. Plano de cizalla con desplazamiento de tipo dextral normal.	68
FIGURA 45. Plano de cizalla con desplazamiento de tipo sinextral.	68
FIGURA 46. Diaclasa fosilizada tobas lito-cristalinas de color violeta.	70
FIGURA 47. Diaclasamiento sistemático en tobas lito-cristalinas.	70
FIGURA 48. Explotación de oro en depósitos arenosos (N1m N1-2r).	72
FIGURA 49. Fotografía de las aguas del caño Maya y contaminación.	74
FIGURA 50. Aguas contaminadas por mal manejo de residuos y aguas negras.	74
FIGURA 51. Esquema de localización de las láminas delgadas.	76
FIGURA 52. Sección delgada de la muestra MC96002001.	77

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
FIGURA 53. Sección delgada de la muestra AM96058001.	77
FIGURA 54. Sección delgada de la muestra MC96006001.	78
FIGURA 55. Sección delgada de la muestra LM96048001.	79
FIGURA 56. Sección delgada de la muestra AP96062001.	79
FIGURA 57. AP96062001,NC aumento 10X. Microfracturamiento.	80
FIGURA 58. Sección delgada de la muestra AP96001001.	81
FIGURA 59. Sección delgada de la muestra AM96003001.	82
FIGURA 60. Sección delgada de la muestra EC96044001.	83
FIGURA 61. Sección delgada de la muestra EC96044001.	83
FIGURA 62. Sección delgada de la muestra EC96044001.	84
FIGURA 63. Sección delgada de la muestra EC96044001.	85
FIGURA 64. Sección delgada de la muestra EC96044001.	86

LISTA DE ANEXOS

- ANEXO 1. [MAPA FOTOGEOLOGICO Escala 1:25.000](#)
- ANEXO 2. [MAPA GEOLOGICO Escala: 1:25.000](#)
- ANEXO 3. [COLUMNA ESTRATIGRÁFICA GENERAL.](#)
- ANEXO 4. [CORTE GEOLOGICO.](#)
- ANEXO 5. [CATALOGO DE PETROGRAFÍA.](#)
- ANEXO 6. [CATALOGO DE LIBRETA DE CAMPO.](#)
- ANEXO 7. [CATALOGO DE MUESTRAS DE ROCA.](#)

TITULO: ESTUDIO CARTOGRÁFICO GEOLÓGICO PRELIMINAR A ESCALA 1:25.000 DE LA
PLANCHA 96-I-C: SECTOR MONTERREY – POZO AZUL (SERRANÍA DE SAN LUCAS,
DEPARTAMENTO DE BOLÍVAR).*

Adrián Pérez Ávila. Ana María Martínez Ardila. **

Palabras Claves: Sector Monterrey-Pozo Azul, Estratigrafía, Serranía de San Lucas, Cordillera Central.

RESUMEN

Con base en la recopilación de los antecedentes tanto estratigráficos, cartográficos, como estructurales se consideró necesario utilizar nuevas herramientas en el procesamiento y análisis de imágenes satelitales acompañadas a su vez de la fotogeología para tener un mapa imagen base y con estos elementos emprender la labor de cartografía geológica escala 1:25.000 del sector Monterrey-Pozo Azul (Serranía de San Lucas, Departamento de Bolívar), la cual permitió diferenciar unidades litoestratigráficas con edades que varían desde el Jurásico hasta el Cuaternario, en donde las rocas Jurásicas se encuentran representadas por tobas, lavas y lodolitas rojas agrupadas dentro de la Unidad Volcanoclástica de Noreán (J1-2n), dentro de este periodo también encontramos la Unidad Conglomerática de Arenal (J3a), compuesta principalmente por areniscas y areniscas conglomeráticas, las cuales afloran hacia el borde occidental de la plancha; el Cretácico se encuentra representado por rocas sedimentarias clásticas y bioquímicas, dentro de las cuales se incluyen; la Unidad Rosablanca-Paja (K1r K1p) compuesta por calizas esparíticas y micríticas con abundante contenido fósil, concreciones micríticas y hacia el tope lodolitas grises oscuras muy físciles y la Unidad Tablazo-Simití (K1t K2s), que corresponde a una alternancia de arcillolitas negras, arenisca calcárea bioclástica, lodolita shale negra carbonosa con concreciones de amonites y caliza tipo micrita gris oscura. El Terciario se encuentra representado por la Unidad Real-Mesa (N1m N1-2r), compuesta por sedimentos gravosos y areno-arcillosos, poco consolidados, los cuales afloran hacia el oriente de la plancha y finalmente los depósitos Cuaternarios representados depósitos de coluvión (Qco), depósitos fluviales de canal (Qfc) y depósitos de llanura de inundación (Qfal). En cuanto los principales rasgos estructurales identificados en la plancha tenemos la Falla Sinistral de La Quebrada Santo Domingo y el Lineamiento del Río Boque. Finalmente basados en la recopilación de los antecedentes y en el trabajo de campo se propone un modelo preliminar de evolución geológica en el que los diferentes eventos geológicos que afectaron a la serranía de San Lucas están directamente relacionados a la tectónica de placas, produciendo dos fases tectónicas distintas: una distensiva acaecida en el Mesozoico Temprano (Jurásico Temprano) y otra compresiva ocurrida en el Cenozoico (Terciario Temprano-Reciente).

* Tesis.

** Facultad de Ingenierías Físico-Químicas, Escuela de Geología, Luis Carlos Mantilla Figueroa.

TITLE: PRELIMINARY GEOLOGIC CARTOGRAPHY, TOWNSHIP 96-I-C, 1:25000 SCALE:
MONTERREY – POZO AZUL SECTION (SAN LUCAS RANGE, DEPARTAMENTO DE
BOLÍVAR).*

Adrián Pérez Ávila. Ana María Martínez Ardila. **

Keywords: Monterrey-Pozo Azul Section, Stratigraphy, San Lucas Range, Central Cordillera.

ABSTRACT

Based on the existing stratigraphic, cartographic, and structural backgrounds, the use of breakthrough remote sensing analysis, such as satellite images and aerial photograph analysis were considered necessary in order to have a base map to perform a more accurate and reliable geologic cartography (1:25000 scale) of the Monterrey-Pozo Azul section (San Lucas range, Departamento de Bolívar), which allowed the differentiation of units ranging from Jurassic through Quaternary period, where Jurassic rocks are commonly represented by tobas, lavas, and red mudstones grouped within the Norean Volcanoclastic Unit (J1-2n); also, sandstones, and conglomeratic sandstones were found for the Jurassic Arenal conglomeratic unit (J3a) which were located on the western margin of the township. For the Cretaceous period, two units were identified. The Rosablanca-Paja Unit (K1r K1p), comprised by clastic and biochemical sedimentary rocks: the biochemical rocks are mainly sparitic and micritic limestones with micritic nodules and abundant fossil content. To the top of the unit, the clastic layers, comprised by dark grey mudstones were found. The Tablazo-Simití Unit (K1t K2s) is comprised by interlaying between black claystones, bioclastic calcarenites, dark grey micritic limestones, and black shales with high contents of nodules and ammonites. The Tertiary has been found within the Real-Mesa unit (N1m N1-2r), comprised by gravel and sand-clay unconsolidated sediments. Such rocks were found toward the eastern margin of the township. Quaternary deposits comprised by fluvial channel (Qfc), flood plain (Qfal), and slump (Qco) deposits were found. The main structural features found within the township were related with a left-lateral fault (Santo Domingo creek fault) and a strike-slip fault located over the Boque River. To summarize, based on all the features and findings mentioned above, and also considering the geologic background, a preliminary model for the geological evolution of the San Lucas range was developed. The later, in order to perform a coupling between the stratigraphic and structural features found. Moreover, the model allows predicting the development of a tensional tectonic phase during the early Mesozoic and a compressional tectonic phase through out the early Cenozoic.

* Thesis.

** Facultad de Ingenierías Físico-Químicas, Escuela de Geología, Luis Carlos Mantilla Figueroa.

INTRODUCCIÓN

El estudio cartográfico-geológico de la plancha 96-I-C, el cual aquí se presenta, se desarrolló en el marco del proyecto de investigación titulado "CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA DE 9.600 KM² DE LA SERRANÍA DE SAN LUCAS: PLANCHAS 55 (EL BANCO), 64 (BARRANCO DE LOBA), 85 (SIMITÍ) Y 96 (BOCAS DEL ROSARIO): APORTE AL CONOCIMIENTO DE SU EVOLUCIÓN GEOLÓGICA".

Este proyecto de investigación se realizó gracias a un convenio de cooperación científica suscrito entre la Universidad Industrial de Santander (UIS) y el Instituto Colombiano de Geología y Minería (INGEOMINAS) a finales del año 2004, y motivado por la necesidad de contribuir a la consolidación de una de las líneas estratégicas para el desarrollo sectorial de la minería, como es el fortalecimiento del programa de exploración Básica del Territorio Nacional, en el *Terreno de la Serranía de San Lucas*.

El sector estudiado en el marco de este trabajo de proyecto de grado abarca una plancha 1:25.000 del IGAC (96-I-C), la cual presenta una extensión aproximada de 150 Km², cubriendo parte de los límites de los municipios de Monterrey y Pozo Azul (Departamento de Bolívar).

Desde el punto de vista Geológico, el área se localiza en las estribaciones orientales de la Serranía de San Lucas (Cordillera Central). Las rocas constituyentes del área de trabajo abarcan un registro de tiempo geológico que va desde el Triásico-Jurásico hasta el Cuaternario. Entre sus rasgos geológicos más relevantes, destacan: La falla de la Quebrada Santo Domingo y el Lineamiento del río Boque.

La importancia de este trabajo, desde el punto de vista social, es de gran relevancia para la región y país, si se tiene en cuenta que esa región, por sus



profundos problemas de orden público y falta de oportunidades laborales, requiere de la atención del Estado para identificar fuentes potenciales que generen empleo y bienestar a la región.

Desde el punto de vista técnico, este estudio reviste un enorme interés para nuestra Nación, por ser la Serranía de San Lucas una zona potencial establecida en el Plan Nacional de Desarrollo Minero y en consecuencia incluida dentro de las metas SIGOB (Sistema de Programación y Gestión de Metas Presidenciales).

Se espera que este estudio contribuya al conocimiento geológico de La Serranía de San Lucas y permita establecer a la luz de los nuevos datos un modelo de evolución geológica preliminar del área estudiada, además de la identificación de sus potenciales riquezas naturales.



OBJETIVO GENERAL

Elaborar la cartografía geológica preliminar a Escala 1:25.000 de la Plancha IGAC 96-I-C (Sector Monterrey – Pozo Azul), Serranía de San Lucas.

Objetivos Específicos

- Compilar y analizar la información geológica existente sobre el sector de estudio y sobre la Serranía de San Lucas.
- Realizar el análisis y la interpretación de imágenes satelitales (LANDSAT) y la interpretación de fotografías aéreas existentes a escala 1:50.000, para la identificación de los rasgos macroestructurales y a su vez para generar el Mapa Fotogeológico a utilizar como material orientador de los trabajos de campo.
- Realizar un trabajo de campo para fines de control y muestreo sistemático de rocas, estos orientados a elaborar la cartografía geológica preliminar a escala 1:25.000.
- Realizar la descripción macroscópica de las muestras recolectadas en campo, en aras de establecer las características composicionales y texturales más relevantes de las distintas litologías presentes en el área.
- Estudiar la petrografía de 10 láminas delgadas de rocas.
- Elaborar una columna litoestratigráfica general y un corte geológico para el área de estudio.
- Proponer a la luz de los nuevos datos obtenidos, un modelo de evolución geológica preliminar del área estudiada.



2. METODOLOGÍA

En este apartado se mencionaran y se explicaran cada una de las fases desarrolladas durante la realización de este proyecto de grado.

2.1. FASE PRE-CAMPO

Durante esta fase del proyecto, se realizaron trabajos previos de búsqueda de información existente sobre el área de interés, además se realizaron ejercicios de capacitación y organización de las actividades a desarrollar durante las jornadas de campo y finalmente se interpretaron imágenes satelitales y fotografías aéreas del área objeto de estudio. Una descripción más detallada de algunas de estas actividades se presenta a continuación.

2.1.1. Recopilación y Revisión de la Información. Esta actividad consistió básicamente en recopilar y analizar la información geológica disponible (documental y gráfica) sobre el área de trabajo. Esto permitió generar una base de datos de la información bibliográfica existente sobre la geología de la Serranía de San Lucas (concretamente sobre el área de estudio: Plancha 96), y a su vez concluir que ese sector del país con enormes riquezas estratégicas naturales no dispone aún de un cubrimiento cartográfico-geológico adecuado. De ahí, nuestra tarea de cartografiar geológicamente una plancha a escala 1:25.000, contribuyendo así con información geológica que posteriormente se incorporó al mapa geológico preliminar a escala 1:100.000 de la Plancha 96 (Bocas del Rosario), el cual fue puesto a disposición del público en general, en la página Web del INGEOMINAS.

2.1.2. Interpretación de Imágenes Satelitales y Fotografías Aéreas. En primera instancia se obtuvieron las imágenes satelitales del área,



correspondientes al tipo LANSAT 5 (bandas 4, 5 y 2), las cuales fueron obtenidas de la página Web de la NASA (<http://zulu.ssc.nasa.gov>) y posteriormente georeferenciadas utilizando el Software SPRING 4.1. Una vez georeferenciadas estas imágenes, el siguiente paso fue la utilización de filtros en diferentes direcciones que nos permitieran diferenciar los lineamientos y estructuras más representativos de la zona. También se recolectó el material aerofotográfico a escala 1:50.000, obtenidos de vuelos que cubrieran parcial o totalmente la Plancha 96 (IGAC), incluyendo en especial el del área comprendida entre los Sectores Monterrey-Pozo Azul (zona a trabajar en el Proyecto de Grado). Posteriormente se realizó la interpretación de estas fotografías aéreas con los estereoscopios (Marca Carl Zeiss Jena) disponibles de la Escuela de Geología con el fin diferenciar las diferentes geoformas del terreno y sus unidades litológicas. Para tal fin se diferenciaron unidades fotogeológicas presentes en las fotografías basándonos en los tonos, texturas, patrones de drenajes y rasgos geomorfológicos característicos en cada una de ellas. También se identificaron algunos lineamientos estructurales siguiendo la alineación de las geoformas y drenajes presentes en las rocas.

La transferencia de la información obtenida de la fotointerpretación a una base digital se realizó utilizando el Programa SPRING 4.1, en el cual teniendo montado en el banco de datos el mapa topográfico del área (curvas de nivel, vías, poblaciones, ríos, ciénagas y lagunas) tomado de la Plancha 96 (IGAC) se procedió a georreferenciar cada una de las fotografías con el fin de ubicarlas con sus respectivas coordenadas geográficas en el mapa topográfico base. Ya con las fotos georeferenciadas en el mapa, el siguiente paso fue digitalizar los contactos de las formaciones geológicas diferenciadas y los respectivos lineamientos y fallas presentes en cada una de ellas.

2.1.3. Elaboración del Mapa Fotogeológico Preliminar. Teniendo las imágenes satelitales y las fotografías aéreas georeferenciadas con su respectivos contactos geológicos y datos estructurales digitalizados en el Mapa



Topográfico del área, se realizó la corrección de algunos de los trazos de los contactos geológicos de las fotografías aéreas basándonos en las imágenes satelitales y se corroboraron y digitalizaron los lineamientos encontrados con la aplicación de los filtros (dirección E-W y N-S) en las imágenes satelitales haciendo uso del Software Spring 4.1. Complementando de esta manera la información obtenida de la aerofotografía y las imágenes satelitales se obtuvo el Mapa Fotogeológico de la Plancha 96-I-C (Monterrey – Pozo Azul) a escala 1:25.000 con su respectiva leyenda.

El software SPRING 4.1, implementado para la elaboración del mapa preliminar fue instalado y utilizado en una estación de trabajo de la Escuela de Geología de la UIS, la cual fue adquirida con recursos derivados del convenio UIS – INGEOMINAS. El Programa SPRING 4.1 el cual es un GIS (Sistema de Información Geográfica) y al mismo tiempo un sistema de tratamiento de imágenes obtenidas mediante percepción remota que realiza la integración de las representaciones de datos matriciales ("estructura raster") y datos con estructura vectorial en un único ambiente. Este programa, se puede descargar gratuitamente por Internet (<http://www.dpi.inpe.br/spring/espanol/index.html>).

2.2. FASE DE CAMPO

Durante esta fase se realizó fundamentalmente un reconocimiento geológico del área de estudio y un muestreo de las unidades litológicas identificadas previamente mediante fotointerpretación. La localización de las muestras recolectadas estuvo referenciada con ayuda de GPS (GARMIN Etrex Vista) y con el correspondiente control mediante la verificación de lo representado en el plano topográfico y las unidades del paisaje. Así mismo, se tomaron datos estructurales y fotografías de afloramientos y panorámicas.



2.3. FASE DE LABORATORIO

Esta fase corresponde a los diferentes análisis macroscópicos y microscópicos realizados a las muestras de roca recolectadas en campo, los cuales son descritos a continuación.

2.3.1. Descripción Macroscópica de Muestras. Esta descripción se realizó utilizando una lupa biocular (Marca Stemi DV4. Zeiss), que pertenece al laboratorio de preparación de muestras de la Escuela de Geología. Las descripciones corresponden a la identificación de las diferentes características macroscópicas presentadas en la roca (color, textura, estructura, composición y clasificación), las cuales fueron registradas en una base de datos elaborada para tal fin.

2.3.2. Elaboración y Descripción Petrográfica de Muestras. Las secciones delgadas se realizaron en el Laboratorio de preparación de muestras de la escuela de Geología, siguiendo el procedimiento conocido para tal fin. El estudio petrográfico de las Secciones Delgadas obtenidas, se realizó utilizando un microscopio de luz transmitida (Nikon Alphaphot.YS2-T), localizado en los laboratorios de Microscopia de la Escuela de Geología de la UIS (sede Principal) y la sede de Guatiguará.

2.4. FASE DE INTERPRETACIÓN DE DATOS

Durante esta fase se analizaron todos los datos geológicos recolectados, tales como datos estructurales, estratigráficos y petrográficos, con el propósito de generar la cartografía geológica del área de estudio y su correspondiente modelo preliminar de evolución geológica.



2.5. ELABORACIÓN DEL INFORME FINAL

Esta fase consistió en la edición y entrega del informe final del proyecto de grado, para lo cual se contó con toda la información recolectada por todo el equipo de campo (libretas de campo, catalogo de muestras, fotografías) y con la asesoría de los diferentes profesionales que participaron en el proyecto.



3. GENERALIDADES DEL ÁREA DE TRABAJO

En este capítulo se presenta de forma general las características geográficas, infraestructura vial, rasgos naturales y aspectos sociales de la zona de estudio.

3.1. LOCALIZACIÓN

La Serranía de San Lucas constituye la parte más septentrional de la Cordillera Central de Colombia, cubre una extensión aproximada de 16.000 km², representada parcial o totalmente en las siguientes planchas topográficas a escala 1:100.000 del IGAC: 65, 74, 75, 83, 84, 85, 94, 95, 96, 106, 107, 108 y 118. Esta Serranía se extiende entre las coordenadas 8° 50' N – 74° 45' W y 7° N – 74° W, en la zona sur del Departamento de Bolívar y nororiental de Antioquia.

Por el oriente el límite es el río Magdalena, desde el río Cimitarra en el sur, hasta el Brazo de Loba en el norte; por el occidente el límite es el sistema hidrográfico Nechí - Cauca y la zona de ciénagas y lagunas al sur de la población de Barranco de Loba.

Con relación exclusivamente al área de estudio, esta se encuentra ubicada en las estribaciones orientales de la Serranía de San Lucas, correspondiendo más exactamente a la parte sur del Departamento de Bolívar entre los Municipios de Monterrey y Pozo Azul, como se ha dicho repetidas veces, que corresponde a la Plancha 96-I-C a Escala 1:25.000 del Instituto Geográfico Agustín Codazzi, con coordenadas: N: 1.340.000 a 1.350.000 y E: 1.000.000 a 1.015.000 y con una extensión territorial de 150 Km² (FIGURA 1).

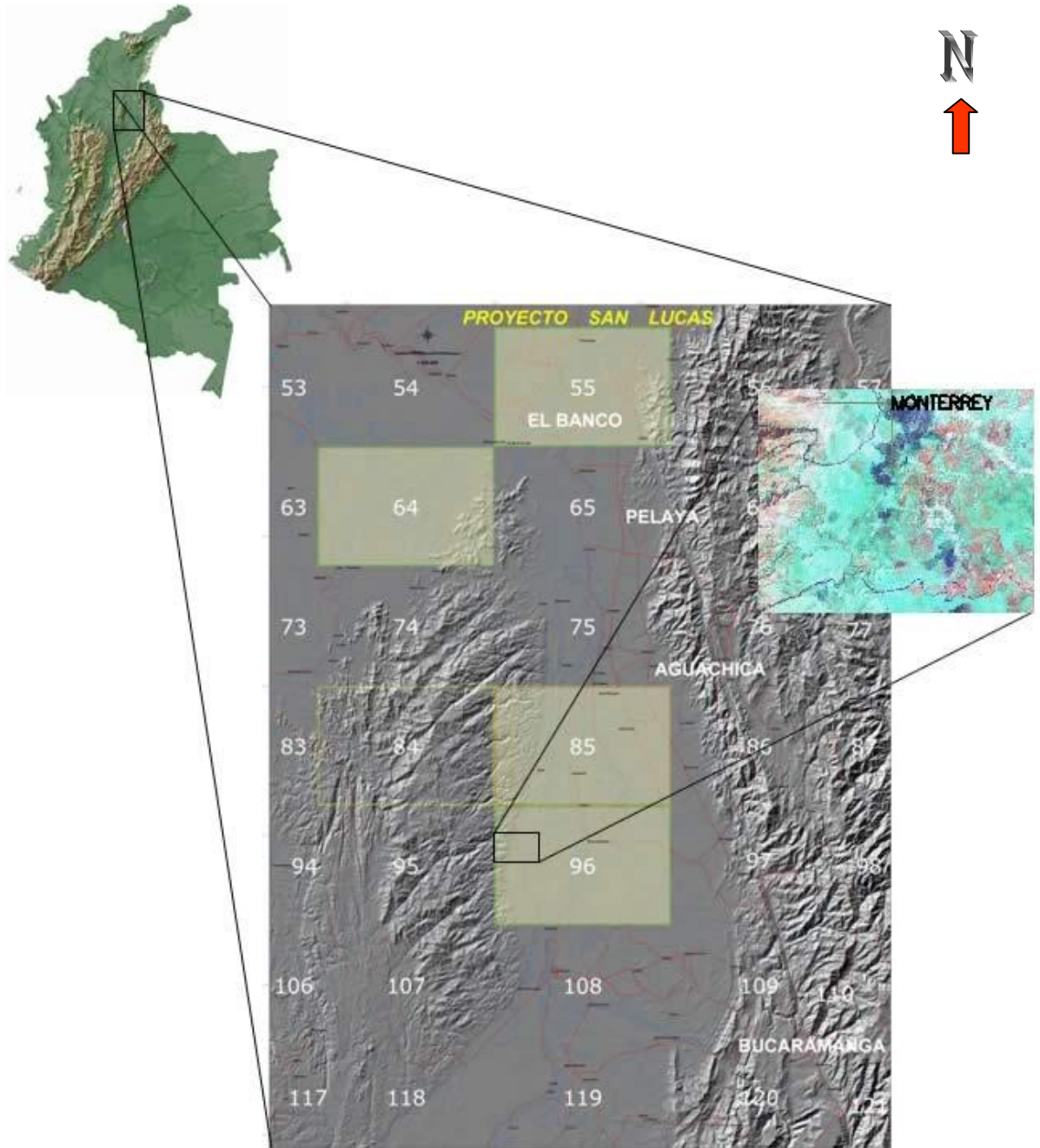


FIGURA 1. Localización del Área de estudio.



3.2. VÍAS DE ACCESO

El área cuenta con una vía de acceso de primer orden como es la troncal de la costa que une a Bucaramanga con Santa Marta y Barranquilla, la cual cruza el borde noreste de la plancha y además actualmente esta en construcción la troncal de San Lucas, que bordea la margen izquierda del Río Magdalena desde las poblaciones de San Pablo hasta Simití, desde donde se desprenden carretables de segundo y tercer orden y trochas de penetración para camperos y vehículos de doble tracción.

La segunda vía de acceso regional es la navegación fluvial, mediante el uso de Chalupa y canoas, a través del río Magdalena, desde la Población de Gamarra (Cesar) al puerto de Cerro Burgos (Sur de Bolívar), importante medio de transporte que contribuye con la dinámica de la economía regional por su conexión de la Serranía de San Lucas hacia poblaciones como Simití y Santa Rosa y Aguachica, el centro del país y la Costa Caribe colombiana.

Adicionalmente se cuenta con la vía que de Barranca conduce a Puerto Wilches, comunicando con el Municipio de San Pablo vía fluvial, luego siguiendo por la troncal de San Lucas que conduce hacia los municipios de Simití y Santa Rosa.

El Río Magdalena y sus brazos Morales-Simití sigue siendo la vía estratégica en la movilización de carga y pasajeros a sitios apartados.

3.3. CLIMA

El clima es cálido con temperaturas medias que oscilan entre los 26 °C y 30°C, Suavizado por los vientos alisios del noreste y las brisas marítimas.

La Región se encuentra clasificada en las categorías climáticas húmeda, semihúmeda y subhúmeda. Los climas secos y semiáridos ocupan la mayor parte de los territorios de la región. En la parte Cordobesa de la Cordillera y en



las Serranías del Sur de Bolívar, las temperaturas están entre los 18°C y los 24°C.

El régimen de lluvias, se ajusta medianamente al Bimodal-Tetraestacional, registrando una precipitación promedio anual de 1.100 mm/año. Los periodos de lluvia se presentan desde mediados de abril a principios de noviembre y se ven afectados por un descenso significativo de precipitación durante los meses de junio y julio, que marcan la segunda temporada seca, pero que es más húmeda que la primera, conocida localmente como veranillo de San Juan. La época más seca del año es influenciada notoriamente por los Alisios del Noreste y se presenta principalmente desde mediados de diciembre a mediados de abril.

3.4. VEGETACIÓN E HIDROGRAFÍA.

La región se encuentra dividida en dos grandes áreas, con vegetación bien definida de forma general la zona de estudio (Sur de Bolívar) se encuentra dividida en Llanura Fluviodeltáica del río Magdalena, con 9.530 Km² - 48.7%, conformada por una extensa zona de humedales, caños y ríos, que sirve como reguladora de crecientes del río Magdalena, permitiendo la práctica de actividades agropecuarias y el establecimiento de comunidades aguas abajo, lo mismo que el albergue de una gran variedad de recursos hidrobiológicos y de avifauna migratoria, que son sustento socioeconómico de las comunidades.

Dentro de los principales ríos de la zona se encuentran el Río Boque el cual surte aguas a los pobladores de la región, situado en la parte superior de la plancha y la Quebrada Santo Domingo, situada en la parte inferior de esta misma.

La Serranía de San Lucas, con 10.037 Km² - 51.3% Región montañosa con gran riqueza de flora y fauna, presenta elevaciones hasta de 2300 m. Es considerada Ecoregión estratégica debido a la sensibilidad de los ecosistemas que la integran, la biodiversidad que contiene y las múltiples riquezas mineralógicas identificadas.



Como resultado del potencial hídrico y forestal en conjunto con sus características geomorfológicas y fisiográficas los terrenos por encima de los 200 m.s.n.m. hacen parte de la zona de reserva forestal del Magdalena (Ley 2da. de 1959).

3.5. POBLACIÓN Y ENTORNO SOCIAL

Los principales centros urbanos de la zona de estudio son la inspección de policía de Monterrey, perteneciente al municipio de Simití, cuyo casco urbano es el de mayor importancia y cercanía a la zona, seguido por el casco urbano del municipio de San Pablo. La población es predominantemente rural, dedicada a la agricultura (cultivos de palma), ganadería y en menor proporción a la minería, constituyendo un segundo renglón en la economía de la zona.

Los problemas sociales que vive esa región, dados a conocer por diferentes medios periodísticos, sin duda alguna han permitido generar una idea muy generalizada en todo nuestro país sobre las fuentes reales de las mismas. En tal sentido, es evidente que la presencia en esa región de diferentes actores armados del conflicto que vive Colombia, al igual que sus diversas formas de financiación, son en gran parte los responsables de los fenómenos de desplazamientos, asesinatos, secuestros y de exclusión social que han tenido lugar en esa región del país.



4. ANTECEDENTES

En este capítulo se presenta un resumen de los artículos, libros y textos recopilados en la Fase Pre Campo, durante la cual se generó un archivo de información y se realizó el análisis de la misma. Basados en esta información, se presenta igualmente el marco geológico regional para la Serranía de San Lucas, en aras de facilitar información que permita contextualizar regionalmente la geología de nuestra área de estudio.

4.1. ANTECEDENTES ESTRATIGRÁFICOS

Los trabajos geológicos realizados en el área de estudio son muy escasos. A continuación se resumen los aspectos más relevantes de aquellos trabajos que guardan relación directa con los objetivos de la presente investigación.

Con relación a la estratigrafía de las rocas más antiguas del área, las cuales corresponden al Triásico-Jurásico, se conocen los estudios realizados por Barrero *et al.* (1969) en el que menciona que durante el Mesozoico (Triásico - Jurásico) se desarrollo en la Cordillera Central una actividad ígnea representada por erupciones de riodacitas e intrusiones de granodioritas, sobre todo a nivel de las márgenes de la Cordillera. Años mas tarde como resultado de los programas de exploración de minerales radiactivos llevados a cabo por el Instituto de asuntos Nucleares "IAN" y la empresa COGEMA, Bogotá y Aluja (1981), mencionan que el flanco E es dominado por una secuencia de rocas volcánicas y volcano-sedimentarias, características de un volcanismo ácido a intermedio, de carácter efusivo a explosivo, seguido por inyecciones básicas tardías al final de este evento volcánico que ocurrió en el Jurásico. Plutones dioríticos con facies más ácidas que intruyen las rocas metamórficas y volcano-sedimentarias durante el Jurásico superior. Para este mismo año Vargas (1981), a partir de análisis petrográficos define un conjunto volcánico, el Conjunto Volcanosedimentario de la Serranía de San Lucas, compuesto de



flujos de lavas ácidas y brechas volcánicas con series de tobas, lahares y rocas piroclásticas y una serie de lavas básicas. Cinco años después Etayo *et al.* (1986), publican un informe indicando que la Serranía de San Lucas, estratigráficamente puede definirse como un basamento constituido por metamorfitas del Proterozoico y Paleozoico, estas últimas con guijos de las rocas Proterozoicas, sobre las cuales reposan sedimentitas del Jurásico, así como vulcanitas y piroclastitas del Jurásico, intruídas por plutonitas intermedias del Jurásico Superior - Cretácico Inferior. Ya para finales de la década de los noventa Romero *et al.* (1997), reportan que en el sector de Buenaseña afloran vulcanitas ácidas de composición riolítica de color amarillo crema a rosado, localmente con textura brechada, comparables con la secuencia volcánica descrita para la Formación Morrocoyal y que además en el área de San Martín de Loba afloran principalmente rocas ígneas plutónicas de composición granodiorítica, que al parecer corresponden a apófisis del batolito de Norosí de edad Jurásico Superior.

Dentro de los estudios relacionados con la estratigrafía de las rocas del Cretácico y del Terciario se mencionan como pioneros los informes de Dickey (1941) y Morales (1958), en los cuales se muestra para las rocas del Cretácico como sus contactos son usualmente tectónicos con las rocas volcánicas, aunque en otros casos la secuencia Cretácica descansa directamente sobre rocas volcánicas. Años después en el informe de Bogotá y Aluja (1981), se menciona que durante el Cretácico se depositaron rocas sedimentarias marinas, mientras que en el Terciario rocas sedimentarias de tipo continental reflejan el levantamiento de las cordilleras colombianas. Para comienzos de la década de los noventa en el trabajo presentado por Ujueta (1992), agrupa los sedimentos presentes en la Cuenca del Valle Medio del Magdalena en cuatro categorías: Sedimentos Continentales Terciarios, Sedimentos Cretácicos de Miogeosinclinal, Sedimentos Marinos Neríticos y Continentales del Paleozoico Superior-Jurásico y Sedimentos de Geosinclinal del Paleozoico Inferior.



Para los depósitos concernientes al Cuaternario no se conocen realmente informes, tan solo lo que menciona Romero (1997), en su informe sobre las características mineralógicas, químicas y metalúrgicas de la mina la Chiva, donde indica que sobre las rocas ígneas plutónicas de composición granodiorítica en el área de San Martín de Loba (sur de Bolívar), se han desarrollado procesos recientes de sedimentación principalmente de origen aluvial (Qal).

4.2. ANTECEDENTES FOTOGEOLÓGICOS Y CARTOGRÁFICOS

Dentro de los estudios realizados también encontramos algunos relacionados con la fotogeología, geomorfología y cartografía, que corresponden inicialmente al Mapa Fotogeológico de la Serranía de San Lucas, en escala 1:500.000. Publicado por Kassem y Arango (1977). En este mapa indican la presencia de unidades litológicas, constituidas por rocas metamórficas, ígneas (intrusivas y volcánicas) y sedimentarias con edades entre el Precámbrico y el Terciario, así como depósitos sedimentarios no consolidados del Cuaternario. Este documento presenta, igualmente, las principales fallas y fracturas identificadas en las fotografías aéreas interpretadas. Cuatro años después de esta publicación Bogotá y Aluja (1981), proponen modificaciones sustanciales al mapa fotogeológico de la Serranía elaborado por Kassem y Arango (1977) y publicado por INGEOMINAS. Como resultado de la cartografía los autores publican un mapa a escala 1:1'250.000, sin mayor información topográfica y es acompañado por una descripción breve de cada una de las unidades representadas en él, sin entrar en detalles. Mencionan que rocas metamórficas Precámbricas y Paleozoicas constituyen gran parte del flanco E de la Serranía, mientras que el flanco E es dominado por una secuencia de rocas volcánicas y volcano-sedimentarias. La información publicada por Kassem y Arango, sirvió posteriormente para elaborar los mapas departamentales de Antioquia (INGEOMINAS) y Bolívar (INGEOMINAS), y el Mapa de Terrenos Geológicos de Colombia (Etayo *et al.*, 1986), así como la última versión del Mapa geológico de Colombia (INGEOMINAS, 1988). Finalmente González (1992) y Feininger *et*



al. (1975) realizaron la cartografía geológica de la zona suroeste de la Serranía que corresponde a las Planchas 106 (Liboria) y 117 (Amalfi) respectivamente. De igual manera mas adelante (Royero *et al.*, 1998; Clavijo *et al.*, 1998) se realizó la Cartografía geológica regional a escala 1:100.000 del extremo noreste de la Serranía de San Lucas correspondiente a las Planchas 65 Tamalameque y 75 Aguachica respectivamente. En cuanto a estudios sobre la geomorfología, tan solo en el 2000 el IDEAM publica el trabajo Unidades Geomorfológicas del Territorio Colombiano, en el que se teorizan las geoformas que deben existir en los distintos relieves, en este caso en la serranía de San Lucas.

4.3. ANTECEDENTES ESTRUCTURALES Y TECTÓNICOS

Trabajos publicados enfocados al comportamiento estructural y tectónico de la Serranía aparecen en la década de los ochenta, a partir de un reconocimiento geológico preliminar (informe inédito), realizado por Leutsh *et al.* (1980), donde presentan los resultados de un análisis petrográfico, con catálogo de muestras, de las diferentes unidades que afloran en la SSL, describiendo sus rasgos texturales y microestructurales, así como su composición mineralógica, abordando igualmente algunos aspectos relacionados con la petrogénesis de estas rocas. En este trabajo también se presentan los resultados de un estudio detallado de los rasgos estructurales de la SSL a partir del uso de fotografías aéreas, imágenes de radar y satelitales, llevándose controles de campo durante las comisiones realizadas, generándose un mapa estructural a escala 1:500.000 de la SSL. Un año después Toussaint y Restrepo (1982), publican el informe Metamorfismos Superpuestos en La Cordillera Central de Colombia, donde proponen polimetamorfismos sobre las rocas del intervalo Precámbrico-Cretácico en la Cordillera Central. Además de evidencias (a partir de correlaciones de edades obtenidas a partir de mediciones Rb/Sr y K/Ar y relaciones Sr^{87}/Sr^{86} tomadas sobre anfibolitas y el neis de la Miel) de un metamorfismo inicial Precámbrico durante el cual se formaron las anfibolitas granatíferas, luego se habría producido un segundo periodo de metamorfismo en el intervalo Devónico-Carbonífero, el cual habría estado acompañado por la



intrusión sintectónica de granito y aportes de fluidos corticales por efectos de anatexia. Mencionan también que edades en rocas metamórficas por el método K/Ar apuntan a edades de intervalo Pérmico-Triásicas lo que indica que en el Paleozoico Superior hubo otro evento metamórfico y se supone que las orogenias que produjeron estos metamorfismos son Tardicaledonianas en el Devónico-Carbonífero y Tardihercínica en la Permo-Triásica. Ya en el Cretácico sugieren que las rocas metamórficas corresponden a dos eventos metamórficos, uno en el borde occidental de la Cordillera asociado al emplazamiento de ofiolitas, posiblemente por obducción y otro que afecta el núcleo de la Cordillera en el Cretácico tardío por efecto de plutones y batolitos que produjeron metamorfismo regional. Por último encontramos el Mapa de Terrenos Geológicos de Colombia que contiene un resumen de las unidades litológicas presentes en la Serranía de San Lucas, presentado por Etayo *et al.* (1983). Otro informe relacionado con la Serranía de San Lucas destacado corresponde al publicado por Ricardo de la Espriella, en el año de 1960 (Investigaciones minerales en la región del bajo Magdalena: Hierro en Barranco de Loba, Bolívar, Yeso en el Banco, Magdalena y oro en San Martín de Loba, Bolívar), donde se estudió la posibilidad de explotar yacimientos existentes en el municipio de San Martín de Loba, Bolívar y con el objeto de visitar minas antiguas de oro en dicho municipio. Además se inspeccionaron manifestaciones de yeso en el corregimiento de Mechenquejo municipio de El Banco, Magdalena; de Hierro en el corregimiento de Alto del Rosario, municipio de Barranco Loba, Bolívar y manifestaciones de manganeso en San Martín de Loba. Con base en esta recopilación de los antecedentes tanto estratigráficos, cartográficos, como estructurales se consideró necesario utilizar herramientas, nuevas como el procesamiento y análisis de imágenes de satélite acompañadas a su vez de la fotogeología para tener un mapa imagen base y con estos elementos emprender la labor de cartografía geológica escala 1:25.000 que permitiera diferenciar las unidades litoestratigráficas y las estructuras geológicas presentes en la Serranía, así como las relaciones entre ellas.



4.4. GEOLOGÍA REGIONAL

Es La Serranía de San Lucas la estribación más NE de la Cordillera Central Colombiana donde se presentan rocas con edades que abarcan desde el Precámbrico hasta depósitos recientes del Cuaternario. En la parte más oriental en el margen derecho del río Magdalena, en el basamento de la Serranía encontramos rocas néisicas Precámbricas de la Formación Neis de Bucaramanga, y rocas del Paleozoico que han sufrido metamorfismo, que corresponden a la Unidad Metasedimentaria de la Virgen. Los mejores afloramientos de estas Formaciones se encuentran en las estribaciones occidentales de la Cordillera Oriental en las zonas montañosas que abarcan las planchas 55, 65 y 75. El basamento en el sector occidental del borde izquierdo del río Magdalena, se encuentra conformado por rocas Precámbricas de la Formación Neis de San Lucas; la Formación Esquistos de Armenia, que corresponde a rocas esquistosas del Paleozoico y finalmente por la Formación Esquistos de Tapoa; las cuales afloran en sectores de la plancha 64.

En las estribaciones orientales del flanco Este de la Serranía en donde se incluye la plancha 96, se encuentra dominado por una secuencia de rocas volcánicas y volcanosedimentarias, las cuales corresponden a rocas Jurásicas de la Unidad Volcanoclástica de Noreán (Clavijo, 1996), representadas por lavas riolíticas y riolíticas intercaladas a su vez con tobas cristalinas y tobas líticas pseudo estratificadas y además se encuentra presente parte del conjunto epiclástico, que en la plancha 96 corresponde a capas medias a gruesas de limolitas y areniscas finas líticas rojizas. Por lo tanto es la Unidad Volcanoclástica de Noreán en el sector oriental de la serranía, la que representa el mayor porcentaje de área superficial y su ambiente de depositación está caracterizado por la evolución de un volcanismo de tipo ácido a intermedio de carácter efusivo hasta explosivo, seguido por inyecciones básicas tardías al final de este evento volcánico, el cual aporta gran parte del relleno a una cuenca formada a principios del Jurásico debido a esfuerzos distensivos que formaron grandes grabenes que sepultaron las formaciones Paleozoicas y Precámbricas (FIGURA 2).



La Unidad Conglomerática de Arenal se encuentra aflorando en las estribaciones orientales de la Serranía en la parte norte de la plancha 96 y este de la 64 y suprayace a la unidad Volcanoclástica de Noreán en forma discordante. La depositación de esta Unidad se encuentra relacionada con los levantamientos diferenciales de la Serranía a finales del Jurásico, los cuales originaron aportes aluviales en forma de abanicos. Seguidamente se deposita la secuencia Cretácica que corresponde a la gran invasión del mar Cretácico en época de subsidencia, que permitió la acumulación de los sedimentos correspondientes a la Unidad Rosablanca-Paja en la base, La Unidad Tablazo-Simití en la parte media y la Formación la Luna, en forma concordante y en franjas con sentido NS. En las estribaciones Orientales de la Serranía se puede estar presentando el acuñaamiento Oeste de la Cuenca Media del Magdalena, ya que las Formaciones Cretácicas presentan espesores menores que los registrados en varios estudios para estas mismas Formaciones en zonas más al oriente en el Valle del Magdalena. Encontramos sobre estas formaciones en forma discordante que se deposita la secuencia Terciaria, que en la parte Oriental de la Serranía las petroleras en sus estudios en el Valle Medio e Inferior del Magdalena han dividido como Formación la Paz en la base (Eoceno), la Formación Mugrosa en la parte media (Oligoceno) y la Formación Colorada en el tope del Terciario (Oligoceno-Mioceno). La Unidad Real-Mesa representa la parte más superior del Terciario (Mioceno-Plioceno-Pleistoceno), presentando depósitos de origen continental como resultado de flujos aluviales provenientes de las partes altas de la serranía de San Lucas y las estribaciones Occidentales de la Cordillera Oriental, reflejando el solevantamiento de las cordilleras debido a los esfuerzos compresivos que generó para este tiempo la orogenia Andina. A lo largo y ancho de los valles del Cauca y Magdalena se encuentran abundantes aluviones Cuaternarios de espesores y composiciones variables. Estos sedimentos Cuaternarios encontrados en el Valle del Magdalena han sido influenciados por la dinámica fluvial del río y por esfuerzos geotectónicos, que permitieron la formación de variadas cuencas de acumulación de sedimentos. Hacia la parte este de las

planchas 65, 75, 85 y 96 se disponen depósitos de abanicos aluviales con fragmentos de roca que provienen de la Cordillera Oriental.

Estructuralmente el área es de gran complejidad mostrando en la parte este de la Serranía un patrón de fracturamiento primario en sentido NS relacionado con los movimientos de las fallas de Palestina al oeste y Bucaramanga-Santa Marta al este, que en general corresponden a fallas de rumbo generadas en un sistema de cizalla simple. Cortando y desplazando estas últimas se encuentra un patrón de fracturamiento en sentido NE-SW con fallas de rumbo con componente dextral en su mayoría, con evidencias de movimientos por neotectónica y formación de fallas de menor extensión asociadas en sentido NW-SE.

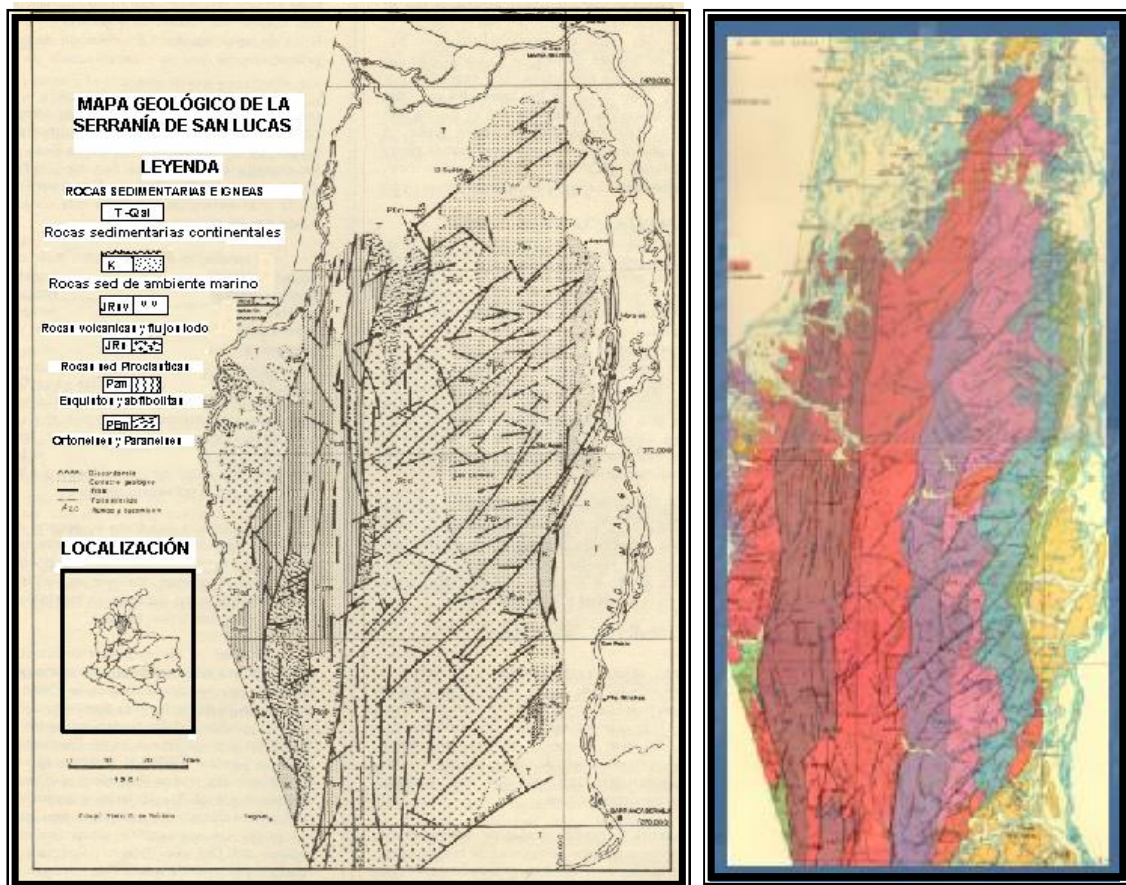


FIGURA 2. A la derecha esquema geológico de la Serranía de San Lucas elaborado por Bogota y Aluja (1981). A la izquierda el elaborado por Kassem y Arango (1977).



5. RESULTADOS

A continuación se presenta cada uno de los resultados obtenidos en cada de las fases desarrolladas durante este proyecto.

5.1. SENSORES REMOTOS Y FOTOGEOLOGÍA

Los datos que fueron obtenidos mediante análisis de sensores remotos y fotogeológicos nos permitió identificar y delimitar espacialmente unidades de rocas y rasgos estructurales de primer orden, fundamentalmente. A continuación se describe más detalladamente estos resultados obtenidos, previa presentación de unas consideraciones preliminares, las cuales se incluyen en el trabajo, en aras de definir inicialmente algunos conceptos utilizados y facilitar así una mejor comprensión de los resultados expuestos.

5.1.1. Consideraciones Preliminares. Para la determinación de las Unidades fotogeológicas existentes en la Plancha 96-I-C, se utilizaron imágenes satelitales LANDSAT 5 y fotografías aéreas a escala 1:50.000. El Mapa Fotogeológico Preliminar de la Plancha 96-I-C se realizó a partir de la implementación de diferentes herramientas tales como imágenes satelitales, fotografías aéreas y antecedentes bibliográficos existentes de la zona, al igual que la proyección de las unidades presentes en planchas aledañas, la nomenclatura utilizada se tomó de trabajos anteriormente realizados cerca del área de estudio. La elaboración de este mapa nos brindó un conocimiento previo de la zona y nos permitió una planeación para el trabajo de campo.

Como primer paso se realizaron las labores de búsqueda y captura de las imágenes satelitales correspondientes al área de trabajo, las cuales fueron obtenidas de la página de la NASA, y a las cuales con la ayuda del Geólogo Jorge Eduardo Pinto se les realizó el procesamiento digital y la georeferenciación, mediante el empleo del Software SPRING 4.1.

Posteriormente se realizó la combinación de bandas 4, 5, 2 con el fin de resaltar las zonas en las cuales la roca aparecía mejor expuesta. Para obtener los lineamientos estructurales más representativos del área de la plancha se aplicaron a las imágenes filtros en las direcciones NS, EW, NE y NW. La aplicación de estos filtros permitió resaltar todas las direcciones de lineamientos presentes en el área (FIGURA 3).

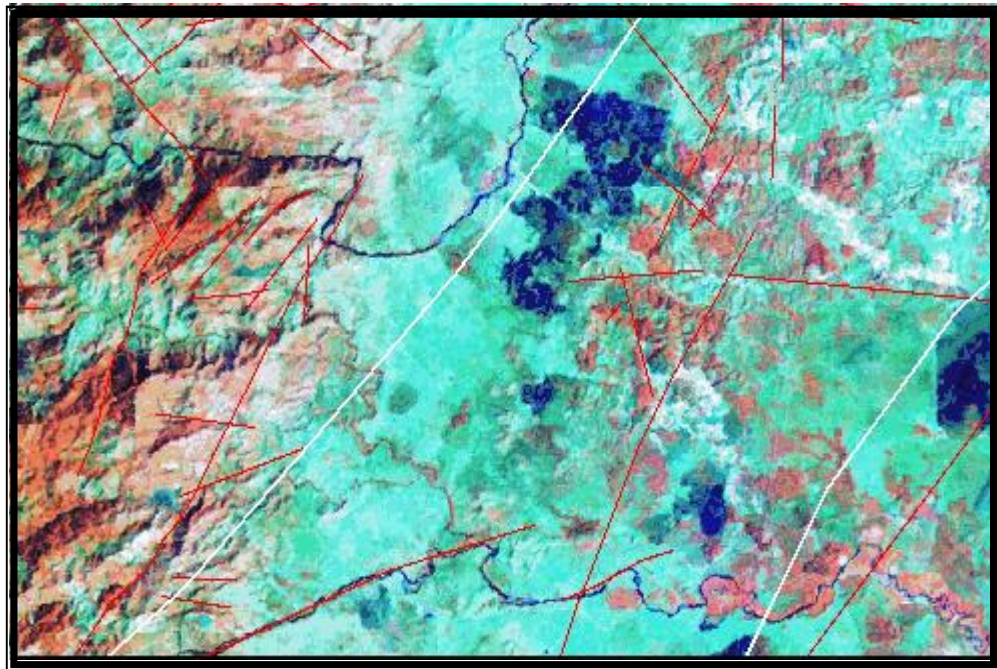


FIGURA 3. Esquema derivado de la interpretación de las imágenes satelitales, donde se resalta el sistema de fallas más relevante a esta escala.

Para las labores de fotointerpretación se emplearon las fotografías aéreas suministradas por el INGEOMINAS, las cuales fueron interpretadas utilizando el estereoscopio (Marca Carl Zeiss Jena del Laboratorio de Fotogeología ubicado en las instalaciones de la escuela de Geología (UIS). La identificación de las diferentes unidades fotogeológicas presentes en las fotografías se realizó basada en los tonos, texturas, patrones de drenajes y rasgos geomorfológicos característicos en cada una de ellas. También se identificaron algunos lineamientos estructurales siguiendo la alineación de

geoformas y drenajes presentes en las rocas. Al mismo tiempo las fotografías aéreas fueron georeferenciadas y digitalizadas.

Las diferentes unidades fotogeológicas identificadas en estas fotografías fueron complementadas con la interpretación de las imágenes satelitales (FIGURA 4). A partir de estos trabajos de interpretación (rasgos fotogeológicos que se describen más adelante) geológicos y considerando trabajos anteriores de fotointerpretación y campo en otras áreas de la Serranía de San Lucas, fue posible relacionar las diferentes expresiones fotogeológicas del relieve, con las siguientes unidades litoestratigráficas: Formación Noreán, Formación Jurasica (sin determinar y a corroborar en campo) Formación Simití, Formación Real-Mesa y depósitos del Cuaternario. Este trabajo permitió generar el Mapa Fotogeológico del área a escala 1:25000 (ANEXO 1).

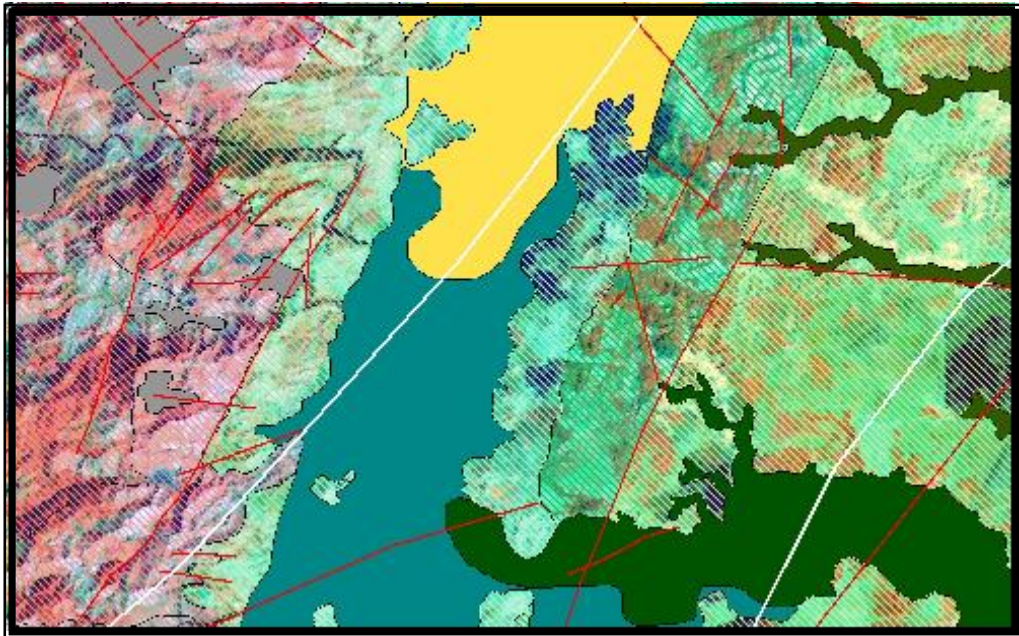


FIGURA 4. Diagrama obtenido a partir de las unidades fotogeológicas identificadas y que fueron complementadas con la interpretación de las imágenes satelitales.

Para una mejor visualización de los colores y un mejor manejo de formato digital compatible del mapa con cualquier otro software, se paso a formato Shape en el Software ARCVIEW (FIGURA 5).

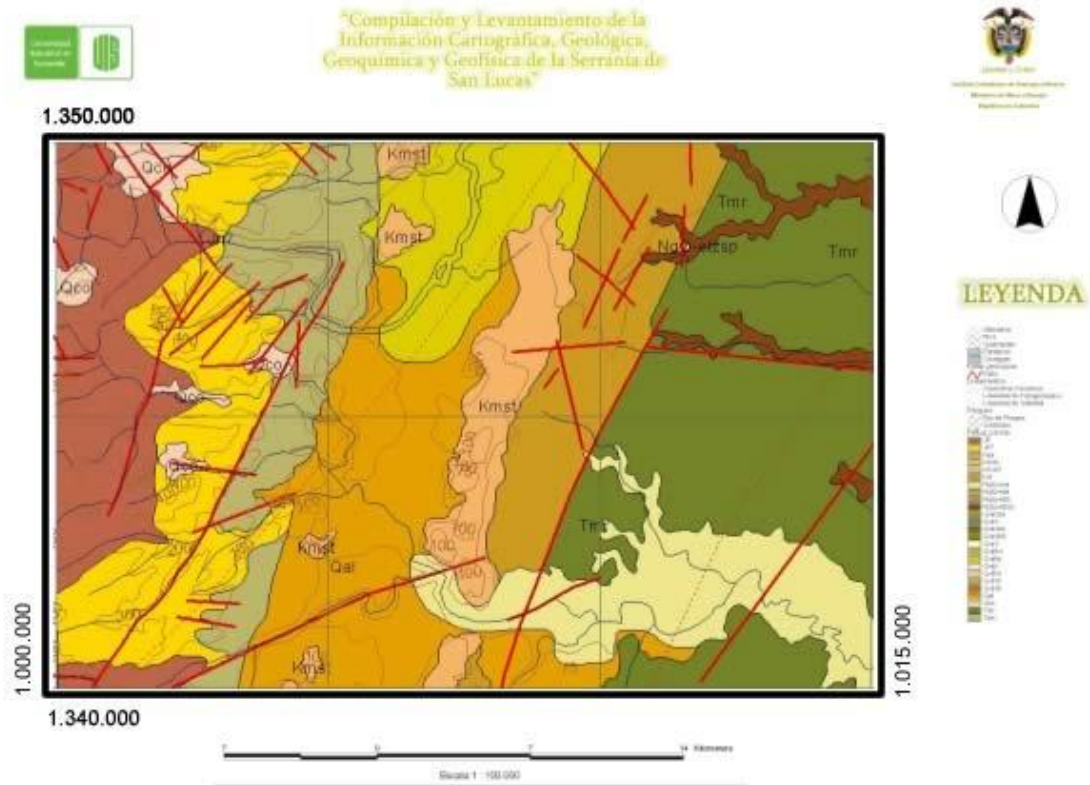


FIGURA 5. Imagen del mapa preliminar fotogeológico de la plancha 96-I-C.

5.1.2. Formación Noreán (Jn) y Formación Jurasica (Jn?). Estas unidades se encuentran diferenciadas hacia el occidente de la plancha formando una faja de dirección NNE-SSW (ANEXO 1). Los rasgos geomorfológicos característicos de estas unidades son colinas de pendientes altas separadas por valles profundos en V. En las fotografías aéreas muestran tonos grises oscuros y medios con texturas que varían de gruesas a granulares por la presencia de espesa vegetación. En las partes cercanas al piedemonte se presentan mesetas y planicies con un drenaje subparalelo que muestran tonalidades grises claras con texturas finas y moteadas; se separaron en dos unidades del Jurasico debido al cambio de pendientes. Los lineamientos estructurales más representativos de esta unidad tienen direcciones EW, NE y NW. Los lineamientos de dirección EW se encuentran controlando los drenajes que desembocan en los dos grandes afluentes que son el Río Boque y la Quebrada Santo Domingo. Los lineamientos de dirección NE son los más



predominantes, posiblemente indican fallas mayores en el terreno. Estos son fáciles de reconocer debido a que se observan cerros alineados en esta dirección. Por el contrario los lineamientos de dirección NW, son menos frecuentes, estos se identifican por la alineación de algunos cerros y drenajes en esta dirección.

5.1.3. Formación Rosablanca (Kipr). Esta unidad se distribuye hacia las estribaciones más orientales de la Serranía de San Lucas, en la zona del piedemonte formando una serie de colinas de pendientes medias y bajas muy tendidas que en el centro se encuentran aisladas en contacto con los depósitos Cuaternarios de aluvión (ANEXO 1). Los tonos característicos de esta unidad son grises claros con texturas finas y moteadas en algunos sectores. Presenta poca densidad de drenaje, con un patrón subparalelo. Los lineamientos identificados en esta Formación son la proyección de los anteriormente descritos, pero en menor proporción; es importante resaltar que en esta el río Boque presenta un cambio brusco en su dirección.

5.1.4. Formación Simití (Kmst). Esta Formación esta localizada hacia la parte central y se diferencia de la Formación Rosablanca porque presenta formas de cerros pequeños aislados con pendientes muy bajas, formando planicies que han sido cubiertas por los depósitos de aluvión (ANEXO 1). Los tonos mostrados en las fotografías aéreas son grises muy claros de texturas moteadas que indican una vegetación de arbustos escasa. Presenta poca densidad de drenaje ya que las pendientes son muy bajas creándose drenajes meandriiformes. La Formación presenta lineamientos de dirección NE que se extienden desde el sur controlando las geoformas de cerros aislados.

5.1.5. Formación Real Mesa. Esta Formación se encuentra en la zona oriental de la plancha y se diferencia por su escasa vegetación y por pequeños cerros



muy tendidos los cuales se encuentran rodeados por depósitos Cuaternarios. La Formación presenta lineamientos en dirección NE continuando con los observados en el resto de la plancha.

5.1.6. Cuaternario Aluvial (Qal) (Q-alip). Estos depósitos se encuentran distribuidos alrededor de la Formación Real Mesa, forman terrazas que resultan del material transportado por los ríos y quebradas de las zonas montañosas. También se encuentran en las partes bajas de la Formación Rosablanca. Los tonos característicos de esta unidad son grises claros con texturas finas (ANEXO 1), claramente identificables por su morfología.

5.1.7. Cuaternario Coluvión (Qco). Los depósitos de coluvion se encuentran en las partes más altas de la zona y en la margen occidental de la plancha, se identifican claramente por su textura fina y su color gris claro.

5.1.8. Cuaternario Fluviolacustre (Q-af). Estos depósitos se encuentran representados por planicies y humedales distribuidos alrededor de la rivera los ríos de mayor tamaño, se caracterizan por formar planicies que muestran tonos grises muy claros y texturas finas (ANEXO 1), se puede identificar por la cercanía con los drenajes. Por lo general estos depósitos se componen de materiales finos que son depositados al aumentar el nivel base de las aguas.

5.1.9. Terraza de San Pablo (NgQ-etzsp)

Esta unidad se presenta como una zona plana y levemente inclinada hacia el oriente, disectada por cursos de ríos y quebradas procedentes del occidente (ANEXO 1). Se presenta en las márgenes de algunos drenajes de la zona y más claramente en cercanías al municipio de San Pablo.



5.2. ESTRATIGRAFÍA

Los trabajos de campo han permitido definir para la Plancha 96-I-C, rocas ígneas y sedimentarias con edades que varían desde el periodo Jurásico Inferior hasta el Cuaternario (FIGURA 6).

Las rocas Jurásicas se encuentran representadas por tobas, lavas y lodolitas rojas agrupadas dentro de La Unidad Volcanoclástica de Noreán (J1-2n), las cuales afloran hacia el borde occidental de la plancha (ANEXO 2); éstas rocas se encuentran intruídas por una variedad de diques dacíticos cuya edad aún no se ha definido, pero tomando en cuenta su relación estratigráfica, se cree que pueden estar entre el Cretácico y el Terciario. Dentro de este periodo también encontramos la Unidad Conglomerática de Arenal (J3a), compuesta principalmente por areniscas, areniscas conglomeráticas y conglomerados.

El Cretácico se encuentra representado por rocas sedimentarias clásticas y bioquímicas, dentro de las cuales se incluyen; la Unidad Rosablanca-Paja (K1r K1p) compuesta por calizas esparíticas y micríticas con abundante contenido fósil; concreciones micríticas y hacia el tope lodolitas grises oscuras muy físiles; la Unidad Tablazo-Simití (K1t K2s), que corresponde a una alternancia de arcillolitas negras, arenisca calcárea bioclástica, lodolita shale negra carbonosa con concreciones de amonites y caliza tipo micrita gris oscura.

El Terciario se encuentra representado por la Unidad Real-Mesa (N1m N1-2r), compuesta por sedimentos gravosos y areno-arcillosos, poco consolidados, los cuales afloran hacia el oriente de la plancha, desarrollando una serie de colinas muy suaves. Los depósitos Cuaternarios están representados por bloques y cantos angulares, matriz soportados y dispuestos caóticamente (Qco), por gravas arenosas y lodos grises de llanura de inundación (Qfal) y finalmente por depósitos fluviales de canal (Qfc).

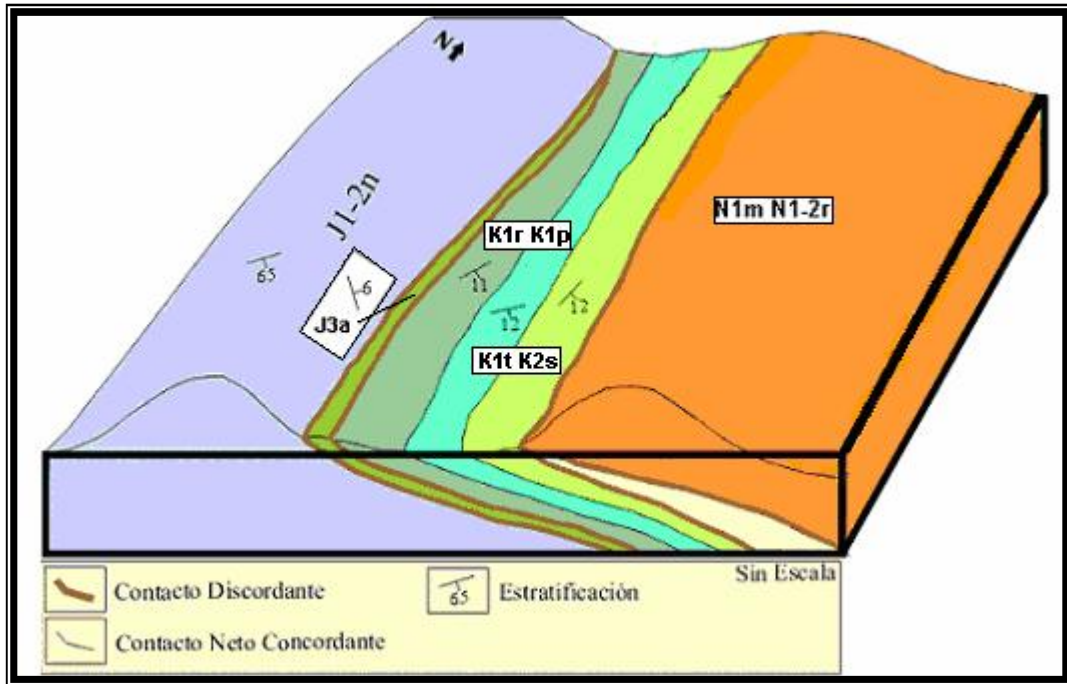


FIGURA 6. Unidades cartografiadas y sus relaciones geométricas en la plancha 96-I-C.

5.2.1. Consideraciones preliminares. La metodología utilizada para la descripción de las unidades litoestratigráficas sedimentarias e ígneas se ajustan al modelo propuesto por la Comisión Colombiana de Estratigrafía creada por INGEOMINAS en 1998 y conformada por representantes de la Sociedad Colombiana de Geología, ECOPETROL-ICP, y la Academia. Este modelo está diseñado para la descripción de unidades litoestratigráficas nuevas (informales), pero es igualmente útil para las ya conocidas (formales). A continuación se presentan los pasos a seguir para la descripción de cada tipo de litología: sedimentarias, ígneas y metamórficas. Para las unidades nuevas, las cuales tienen un carácter informal es indispensable seguir las recomendaciones de los pasos N° 1 (ejemplo: Unidad Metasedimentaria de la Virgen, Unidad Conglomerática de Arenal) y N° 2 proponente del nombre. Para las unidades formalizadas se utilizarán los nombres de Formación o Grupo, según el caso, y el nombre geográfico si se trata de unidades sedimentarias, o el tipo de litología y el nombre geográfico si se trata de



unidades ígneas o metamórficas. Los demás pasos son igualmente aplicables tanto para las unidades nuevas (informales) como para las formales. Es importante destacar las variaciones implementadas dentro de la nomenclatura estratigráfica de cada una de las unidades litológicas descritas, ya que corresponden a las nuevas especificaciones en cuanto a la nomenclatura de los periodos geológicos.

Mencionamos además que dada la dificultad presentada durante el desarrollo de este trabajo para separar litológicamente unidades formales del Cretácico, para su cartografía geológica, fue necesario fusionar y proponer unidades informales, tales como: Unidad Rosablanca-Paja (K1rK1p), conformada por calizas lumaquéticas, arcillolitas y areniscas; Unidad Tablazo-Simití (K1t K2s), conformadas por shales y arcillolitas oscuras con concreciones calcáreas. A continuación se presenta la descripción de cada una de las unidades litológicas reconocidas en campo, de más antiguas a más jóvenes.

5.2.1.1. Unidad Volcanoclástica de Noreán (J1-2 n). El nombre de esta Formación fue propuesto por Clavijo (1996), para una secuencia volcanoclástica que aflora en la carretera Buturama- Bombeadero, la cual fue subdividida con base en su litología, composición y estilo de emplazamiento, en cuatro conjuntos: Clástico-piroclástico (Jncp), piroclástico-epiclástico (Jnpe), efusivo dacítico (Jned) e hipoabisal andesítico (Jnha). Inicialmente esta secuencia volcanoclástica que aflora al Oriente y Norte de La Serranía de San Lucas (Kassem y Arango, 1977), fue denominada como conjunto Volcanoclástico de Santa Rosa (Leutsch *et al.*, 1980; Aluja y Vargas, 1980; Vargas, 1981; Bogotá y Aluja, 1981; Ballesteros, 1983), el cual fue tentativamente considerado del Jurásico medio a superior. Clavijo (1996) en la cartografía geológica de la Plancha 75 Aguachica, se encuentra la localidad tipo de esta unidad en los alrededores del caserío de Noreán de donde deriva su nombre informal. Esta unidad que ocupa la mayor parte del área montañosa, al occidente de la Plancha 96-I-C, no fue subdividida en la cartografía realizada



durante este trabajo, ya que no se observaron variaciones composicionales apreciables que permitieran hacer una diferenciación clara.

La Unidad Volcanoclástica de Noreán en esta plancha presenta un relieve abrupto alcanzando alturas hasta de 500 m.s.n.m. en el sector de Caño Santo y Caño Maya al sur occidente de la plancha, donde se caracteriza por presentar una morfología de picos agudos y valles profundos en forma de “V”, generando saltos y caídas de agua (FIGURA 7 y 8).



FIGURA 7. (AM9605600001). Alrededores de Caño Maya. Morfología de la Unidad Volcanoclástica de Noreán (J1-2n) donde se aprecian los picos agudos característicos de esta unidad.



FIGURA 8. (D196045000001). Vía San Blas-Santa Lucía. Morfología de la Unidad Volcanoclástica de Noreán (J1-2n) y morfología del Valle aluvial del río Magdalena (al fondo).



FIGURA 9. (EC96041000001) Margen izquierda del río Boque. Unidad Volcanoclástica de Noreán (J1-2n), tobas feldespáticas cristalino-líticas, con huellas de disolución.

En general las rocas de esta unidad comprenden una variada litología que consta de tobas cristalinas, cristalino-vítreas y cristalino-líticas andesíticas, feldespáticas, dacíticas a riódacíticas, con colores violeta, gris verdoso, pardo y

café rojizo. En los alrededores del río Boque fue posible observar una variedad de tobas cristalinolíticas de colores rojizos a púrpuras (FIGURA 9).

Se incluyen también lavas riolíticas y lodolitas rojizas las cuales fueron encontradas en el sector más sur occidental de la plancha en inmediaciones de Caño Maya (FIGURA 10 y 11). Además, se presentan diques de dacitas oolíticas, en algunos sectores altamente epidotizadas, junto con enjambres de diques riolíticos, dacíticos a riodacíticos, orientados en sentido N35°E y N37°W, formando estructuras geométricas rombohédricas. También se observan filones de carácter básico tipo lamprófidos con textura porfirítica, que se meteorizan intensamente produciendo una pátina color amarillento, y filones mesocráticos que hacen parte de diques riolíticos, los cuales intruyen las tobas dacíticas. Todos estos observados a lo largo del río Boque hacia el noroccidente de la plancha.



FIGURA 10. (AP96065000001). Unidad Volcanoclástica de Noreán (J1-2n), Afloramiento de Lavas Riolíticas medianamente fracturadas en el Caño Maya.



FIGURA 11. (AM96059000002). Alrededores de Caño Maya. Unidad Volcanoclástica de Noreán (J1-2n), lodolitas rojizas.

Hacia el techo de la secuencia, se observan lavas dacíticas, de colores pardo café, gris oscuro, algunas rosadas y amarillo rojizo como color de alteración, pseudoestratificadas, porfíricas, con fenocristales de ortoclasa y piroxenos en una matriz fina microcristalina (FIGURA 12). En algunos sectores se desarrollan suelos arcilloarenosos marrones a café, masivos, plásticos, con bloques esporádicos de tobas cristalinas líticas, alcanzando espesores hasta de 6 metros. Estos suelos fueron observados en algunos tramos a lo largo de la vía que conduce de la población de Monterrey hacia la población de San Blas.

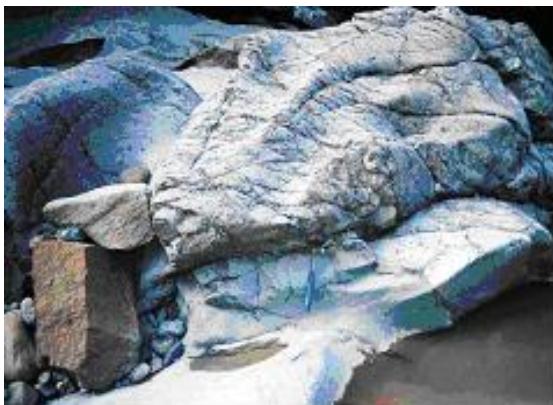


FIGURA 12. (DP96012000003). Dique de dacita de hasta 50cm de espesor entre tobas líticas muy diaclasadas, en margen occidental del río Boque. Unidad Volcanoclástica de Noreán (J1-2n).



Su contacto superior es discordante con las areniscas conglomeráticas Jurásicas de la Unidad Conglomerática de Arenal, que afloran en la quebrada Santo Domingo, al occidente de la población de Pozo Azul y Cañabral.

La Unidad Volcanoclástica de Noreán constituye el registro de un importante evento volcánico de carácter predominantemente explosivo, acaecido a principios y mediados del Jurásico, el cual produjo cantidades de material piroclástico y efusivo, que fue depositado en una cuenca tipo graben, en parte inundada por un mar somero y drenada por ríos y lagos, en lo que hoy corresponde a los actuales Valle Medio del Magdalena y Cesar (Clavijo, 1996).

La Unidad Volcanoclástica de Noreán, según lo cartografiado en la plancha 64 "Altos del rosario", descansa en forma discordante sobre la Formación Neis de San Lucas, según se observa en la vía de Pueblito Mejía a El Reposo (Vereda La Cooperativa). Sin embargo, hacia el noroccidente, en el camino que conduce de la Vereda de Los Ángeles a la loma de Los Ángeles, se observa el cambio de shales oscuros de la Formación Morrocoyal, a arenitas Tobáceas blancas y brechas volcánicas de la Unidad Volcanoclástica de Noreán, por lo que el contacto entre estas unidades puede considerarse como concordante.

La edad de la Unidad Volcanoclástica de Noreán por las relaciones estratigráficas con el Morrocoyal, se propone indirectamente como Jurásico inferior a medio (Geyer, 1969).

5.2.1.2. Unidad Conglomerática de Arenal (J3a). El nombre de esta unidad informal fue asignado por Clavijo (1996) para describir una alternancia de areniscas conglomeráticas, conglomerados y lodolitas, que afloran en el corregimiento de Arenal sobre el camino Arenal - La Dorada (Plancha 75-Aguachica). En la Plancha 96-I-C, aflora el conjunto basal de esta unidad, el cual se encuentra distribuido a lo largo del Piedemonte Oriental de la Serranía de San Lucas, desde el sector de la quebrada Santo Domingo en inmediaciones de la población de Pozo Azul, al Sur, hasta el río Boque en



jurisdicción de la población de Monterrey hacia el occidente. Está constituido por areniscas cuarzo - feldespáticas de grano fino a medio de tipo arcosas, areniscas conglomeráticas, de color gris pálido azulado, rojizo, habano, con tintes negros (presencia de óxidos), matriz lodosa, mal seleccionadas, dispuestas en capas gruesas (hasta de 1.5 m de espesor). Se presentan esporádicas intercalaciones de arcillolitas y limolitas arenosas, de colores gris, rojo y café.

Hacia la base, se observan capas muy gruesas (hasta de 2 m. de espesor) de conglomerados clastosoportados (> 90%), de colores verde y violeta, con intercalaciones de capas muy delgadas (hasta de 10 cm. de espesor) de cuarzo areniscas y areniscas líticas de grano fino, color verde rojizo. El conglomerado está pobremente seleccionado, con cantos hasta de 15 cm, subangulares a subredondeados, los cuales fueron observados en tramos de la vía que conduce de la población de San Blas hacia Monterrey (FIGURA 13). Estos cantos se componen de cuarzo lechoso y cristalino, chert y fragmentos líticos conformados por rocas volcánicas tales como tobas vítreas ligeramente cristalinas, areniscas y lodolitas.



FIGURA 13. (DP9608800001). Vía San Blas-Monterrey donde se aprecian Arenas conglomeráticas pertenecientes a la Unidad Conglomerática de Arenal (J3a) con cantos de tobas subredondeados de la Unidad Volcanoclástica de Noreán (J1-2n).

En la parte media se aprecian areniscas cuarzo-feldespáticas (arcosas) de grano fino a medio, areniscas conglomeráticas, color gris pálido azulado rojizo, habano, moteadas de negro por presencia de óxidos, matriz lodosa, mal seleccionadas, dispuestas en capas gruesas de hasta de 1.5 m de espesor. Intercaladas con estas capas se presentan arcillolitas y limolitas arenosas de colores gris, rojo y café, además de algunos niveles conglomeráticos clastosoportados litificados, tales niveles fueron observados en afloramientos localizados aguas abajo de la quebrada la Humareda al occidente de la plancha (FIGURA 14).



FIGURA 14. (MC96017000001). Nivel de conglomerados clastosoportados litificado, con guijos y gravas de rocas ígneas volcánicas porfíricas, seguido por un nivel de areniscas masivas, algo lodosas de la Unidad Conglomerática de Arenal (J3a).

Hacia el techo, las capas también son gruesas (hasta de 1,2 m. de espesor) y están constituidas por areniscas conglomeráticas de color gris azulado a rojizo y presentan intercalaciones de limolitas arenosas de color gris, dispuestas en capas delgadas de hasta de 50 cm. de espesor, estos niveles fueron encontrados al sur occidente de la plancha a lo largo de la quebrada Humaderita en jurisdicción de la población de Pozo Azul (FIGURA 15).



FIGURA 15. (HC96002000001). Unidad Conglomerática de Arenal (J3a). Paquete potente de areniscas conglomeráticas estratificadas, con guijos y guijarros subelongados. Quebrada La Humaderita

En el sector de la quebrada San Blas y a lo largo de la quebrada Santo Domingo, el contacto inferior de esta unidad es discordante sobre lavas dacíticas pseudoestratificadas de la Unidad Volcanoclástica de Noreán, donde existe un contraste geomorfológico marcado hacia la cota de 200 m, punto desde el cual se suaviza la pendiente de un relieve abrupto que conforma el Noreán a uno menos pronunciado que produce la Unidad Conglomerática de Arenal, cuyos estratos presentan rumbos que fluctúan entre $N17^{\circ}E$ y $N20^{\circ}W$, con buzamientos promedios de 15° hacia el SE y NE, respectivamente (FIGURA 16 y 17).



FIGURA 16. (HC96035000003) Q. San Blas, margen izq. Contacto discordante entre tobas lítico-cristalina de color grisáceo con tonalidades violáceas pertenecientes a la Unidad Volcanoclástica de Noreán (J1-2n) y arenas conglomeráticas, de la Unidad Conglomerática de Arenal (J3a).



FIGURA 17. (DI96031000001). Vía Monterrey-Cañabral. Panorámica de las morfologías de la Unidad Volcanoclástica de Noreán (J1-2n) y la Unidad Conglomerática de Arenal (J3a).

Dadas las relaciones litoestratigráficas en el área de la plancha 75, la edad de la Unidad Conglomerática de Arenal es Jurásico superior (Clavijo, 1996).



5.2.1.3. Unidad Rosablanca-Paja (K1r K1p). En esta plancha, se cartografiaron estas dos formaciones como una unidad compuesta, debido a las variaciones faciales que presentan las Formaciones Paja y Rosablanca y lo escaso de los afloramientos con fauna fósil representativa, aspecto que dificulta establecer sus contactos con certeza. Además, en esta área se presenta el límite norte de la Cuenca Cretácica del Valle Medio del Magdalena, y por información de subsuelo, estas unidades se adelgazan notablemente incluso hasta desaparecer, especialmente La Formación Paja.

La Formación Rosablanca, fue propuesta por Wheeler (1929) en un informe inédito (Morales *et al.*, 1958). El nombre deriva del cerro Rosablanca, a unos 5 Km al N del ángulo NE de la Concesión de Mares. La Formación Rosablanca tiene su sección tipo en el cañón del río Sogamoso (Plancha 120-I-D, A-8), cerca de 1.5 Km aguas arriba del puente El Tablazo por la vía Bucaramanga a San Vicente de Chucurí, (Girón – Santander). Allí La Formación Rosablanca consta de aproximadamente 425 m de caliza masiva, dura, gris azulosa, fosilífera, de textura gruesa con muchas capas margosas, que pasan a caliza de textura muy fina, negra y arcillosa en el tope (Ward *et al.*, 1973).

La Formación Paja fue descrita por Wheeler (1929), en un informe inédito de (Morales *et al.*, 1958); el nombre deriva de la quebrada La Paja, afluente del río Sogamoso, entre Bucaramanga y San Vicente. En el informe geológico del cuadrángulo H-12, se ubica su sección tipo en la quebrada La Paja, 1 Km. aguas arriba del puente El Tablazo (vía Bucaramanga a San Vicente de Chucurí-Santander Plancha 120-I-D). Allí el espesor máximo es de 625 m, sin embargo se aclara que algunas capas hacia el tope pueden ser de la Formación suprayacente. En la sección tipo La Formación Paja está compuesta de shales negros micáceos, limosos, ligeramente calcáreos y con laminación fina; los primeros 250 a 300 m contienen concreciones de caliza, nódulos, septarias y venas de calcita. La Formación Paja representa el Barremiano y Aptiano en el sur de la Cuenca sedimentaria del Valle del Magdalena, y el Aptiano en el Norte del mismo. Este tiempo de transgresión ha sido revelado



por un estudio de la fauna de amonites hallada en la parte inferior de la Formación en varios lugares, (Morales, 1958; en Ward *et al.*, 1973).

La Formación Rosablanca, es oblicua respecto a las líneas isócronas; su edad sería Barremiana hacia el extremo N del Valle Medio (presencia de *Nicklesia* y *Pulchellia*), Hauteriviana hacia la región de la Mesa de Los Santos y San Gil, y Valanginiana en Villa de Leiva (Julivert, 1968).

En el área de la Plancha 96-I-C, La Unidad Rosablanca - Paja aflora formando pequeños montículos de extensión reducida y zonas planas que pueden confundirse con los valles aluviales del río Boque y la quebrada Santo Domingo, debido al bajo grado de inclinación de las capas que presentan a nivel regional, N15°E y N20°W, con buzamientos variables entre 8° y 20° hacia el Este, generando una morfología plana, cubierta por pastos y en algunos sectores por depósitos aluviales que no alcanzan el metro de espesor (FIGURA 18).



FIGURA 18. (HC96043000002). Vía que conduce del Destierro a Monterrey. Expresión geomorfológica de la Unidad Rosablanca-Paja (K1r K1p) como montículos de poca extensión.

Se extiende en dirección Noreste hacia el Occidente de la Plancha, acuñándose al Sur a la altura de la quebrada Cañabral (FIGURA 19).



FIGURA 19. (DI96031000001). Vía Monterrey-Cañabral. Panorámica de las morfologías de La Unidad Volcanoclástica de Noreán (J1-2n) y La Unidad Conglomerática de Arenal (J3a).

En afloramientos observados principalmente a lo largo de la quebrada Santo Domingo en Jurisdicción de la población de Pozo Azul y a lo largo del río Boque en jurisdicción de la población de Monterrey, se logro establecer que La Unidad Rosablanca - Paja está compuesta hacia la base por caliza masiva, fosilífera, compacta, color gris medio, azulado desarrollando pequeñas ventanas o relictos de caliza resistentes a la erosión, que han quedado expuestos en el área a procesos de disolución importante (FIGURAS 20, 21 y 22).



FIGURA 20. (AM96037000001). Vía Vereda Cuadro. Unidad Rosablanca - Paja (K1r K1p) representada en este afloramiento por Caliza masiva compacta con un alto contenido fosilífero, como conchillas y bivalvos.



FIGURA 21. (HC96001000001). Unidad Rosablanca - Paja (K1r K1p). Caliza masiva compacta con fósiles de conchillas, bivalvos y espinas de pescado recristalizadas. Alrededores de la población de Pozo Azul.



FIGURA 22. (LM96033000002). Rocas de La Unidad Rosablanca – Paja (K1r K1p). Caliza, color gris, esparíticas y escasa presencia de fósiles, con superficies de disolución por presión (estilolitos verticales) generadas por carga litostática. Vía que comunica el Corregimiento Monterrey (Municipio de Simití) y el Corregimiento Pozo Azul (Municipio de San Pablo, Bolívar).

Hacia el techo se compone de arcillolita silíceo, dura, color negro, laminada con fuerte olor a petróleo, no calcárea o ligeramente calcárea, que contiene nódulos calcáreos de forma elipsoidal, en cuyos núcleos se encuentran bivalvos y amonites de diversos tamaños y algunas piritizadas (FIGURAS 23, 24 y 25).



FIGURA 23. (AM96035000002). Rocas de La Unidad Rosablanca – Paja (K1r K1p) que corresponden a lodolitas ligeramente calcáreas de color negro violáceo. Ubicado en la margen derecha del río Boque por la vía que conduce del Destierro a Monterrey.



FIGURA 24. (LM96039000001). Rocas de La Unidad Rosablanca – Paja (K1r K1p). Arcillolitas ligeramente calcáreas muy orgánicas, con fuerte olor a hidrocarburos al momento de su partición, y con nódulos calcáreos micríticos elipsoidales. 500 m al oeste del corregimiento de Pozo Azul.



FIGURA 25. (LM96028000001) Rocas de La Unidad Rosablanca – Paja (K1r K1p). Secuencia de rocas calcáreas ligeramente arcillosas en capas de 0.3-0.4 m de espesor y niveles de arcillolita calcárea orgánica de 0.4 m de espesor, con laminación gruesa. Localización: Por la vía que comunica los corregimientos de Monterrey (Simití) y Pozo Azul (San Pablo).



Los ambientes de depositación representados por la Unidad Rosablanca – Paja son plataforma somera de carbonato del mar Cretácico con influencia siliciclástica a la base en donde incluso existen cantos de riolitas y cuarzo detrítico dentro de los primeros estratos y hacia el tope se profundiza el ambiente predominando ambientes de baja energía abundante aporte de materia orgánica correspondiente a una plataforma más profunda.

El contacto inferior con La Unidad Volcanoclástica de Noreán y La Unidad Conglomerática de Arenal es discordante, como se observa con esta última en la quebrada San Blas. El contacto superior con La Unidad Tablazo - Simití es transicional y se encuentra cubierto en su mayor parte.

En el área de la plancha 96 se recolectaron fósiles de amonites (en preparación), los cuales preliminarmente apuntan a una edad Aptiano superior.

5.2.1.4. Unidad Tablazo-Simití (K1t K2s). La Formación Tablazo fue descrita por Wheeler (1929), en un informe inédito (Morales *et al.*, 1958). Su sección tipo se encuentra en el puente El Tablazo (Vía Bucaramanga – San Vicente sobre el río Sogamoso), consiste de una sección de 150 m de caliza de estratificación gruesa, extremadamente fosilífera en la parte superior, y margas o calizas arcillosas en la parte inferior (Morales 1958; en Ward *et al.*, 1973). El informe de la geología del cuadrángulo H-12 reporta una sección levantada por A. Castro en la localidad tipo de: Caliza gris oscura, fosilífera, masiva, algunas veces glauconítica, con esporádicas intercalaciones de arenisca de grano fino a medio, marrón amarillenta a gris oscura, calcárea, de estratificación delgada en ocasiones glauconítica.

Se reporta que la sección de La Formación Tablazo es más arenosa hacia el sureste como lo es en Barichara (Santander). Existe una sección en la carretera al poblado de Cuesta Rica (Rionegro-Santander), en donde se observaron areniscas de grano fino a medio, amarillas a marrones claras,



intercaladas con niveles gruesos de shale gris oscuro micáceo y caliza gris, dura, masiva, fosilífera (bivalvos).

La edad de La Formación Tablazo varía de Aptiano superior – Albiano inferior, al sur, en la Zona del Cuadrángulo H-12, hasta Albiano, en el Norte, de acuerdo con los fósiles de la infrayacente Formación Paja y suprayacente Formación Simití (Morales 1958; en Ward *et al.*, 1973). Julivert (1968), reporta que en la Ciénaga de Simití se ha encontrado además *Uhligella*, *Chelonicerias*, *Parahoplites*, y en posición más alta, *Douvilleicerias*, lo que confirma la edad antes indicada (Morales *et al.*, 1958).

Morales *et al.*, (1958), reporta que La Formación Simití fue nombrada por geólogos de la Internacional Petroleum Company en 1953, con base en los afloramientos que se presentan al lado sur de la Ciénaga de Simití. Sobre el lado occidental del río Magdalena, al sur del departamento de Bolívar (Morales, 1958; en Julivert, 1968). En esta sección tipo La Formación Simití tiene 40 m y se compone de shale gris o negro, localmente calcáreo y concrecionario. Los nódulos son generalmente fosilíferos y localmente contienen petróleo, así como las cámaras de los amonites; estas concreciones son particularmente abundantes en la parte alta de la formación, donde alcanzan hasta 3m. Localmente, cerca al techo de La Formación, se encuentran capas delgadas de calizas concrecionarias formadas por cantos pequeños, nódulos de fosfatos, dientes de pez y arena. Topográficamente esta Formación da lugar siempre a formas deprimidas.

En el informe geológico del cuadrángulo H-12, se reporta que en los pozos de los campos de petróleo La Cira e Infantas y Llanito, los shales de La Formación Simití son marrón oscuros y negros, calcáreos, con diaclasas rellenas de calcita, y contienen capas delgadas de caliza, marrón oscura, arcillosa y pirítica. Los fósiles son escasos y consisten de pelecípodos aplastados. Igualmente se reporta que esta formación se vuelve más arenosa hacia el este del Valle del Magdalena, ofreciendo como evidencia las unidades de arenisca

en el área de Matanza-Santander, donde son escasos los niveles arcillosos. La edad reportada para La Formación Simití es Albiano inferior, medio y superior con base en amonites y foraminíferos del Albiano superior (Petters, 1954; en Ward *et al.*, 1973).

En la Plancha 96-I-C, La Unidad Tablazo – Simití, aflora prácticamente en la región central, en una franja de orientación NS cuyos estratos presentan un rumbo promedio N15°E buzando 11°SE. Los principales afloramientos de esta Unidad fueron encontrados a lo largo de La quebrada Santo Domingo, en algunos sectores del río Boque y por la vía que conduce de la población de Monterrey a la vereda Santo Domingo. Las rocas de la Unidad Tablazo - Simití en la plancha 96-I-C corresponden a una alternancia de arcillolita shale negro, arenisca calcárea de grano muy fino bioclástica amarilla grisácea a limolita, lodolita shale negra carbonosa con concreciones de amonites, caliza tipo micrita gris oscura nodular con thallasinoides, lodolita gris amarillenta y arcillolita de color carmelito; existen igualmente algunos niveles de lodolitas calcáreas. En todas estas litologías predomina la laminación ya sea plana paralela u ondulosa por lo que desarrollan muy buena fisilidad (FIGURA 26 y 27).



FIGURA 26. (EC96001000001). La Unidad Tablazo-Simití (K1t K2s). Afloramiento de 3 metros de alto por 100 metros de largo, sobre la margen derecha del río Boque. Suelo residual-aluvial descansando sobre arcillolitas shales laminadas con nódulos de micrita.



FIGURA 27. (AM96049000001). La Unidad Tablazo-Simití (K1t K2s). Afloramiento de 5 metros de alto por 12 metros de largo de lodolita shale negro carbonosa, sobre la margen izquierda de la quebrada Santo Domingo.

En las descripciones de las muestras recolectadas y las descripciones en afloramiento se registra su composición como lodolita shale gris oscuro a negro carbonosa, arcillolita shale calcárea, calcoarenita, micrita. En cuanto a la textura las rocas de La Unidad Tablazo - Simití van desde arcilla hasta arena muy fina, predominado los lodos. Las estructuras sedimentarias predominantes son laminación plana paralela a ondulosa y concreciones calcáreas que contienen fósiles de amonites y nódulos ferruginosos de forma irregular, así como thallasinoides en micritas.

En la plancha 96-I-C, La Unidad Tablazo - Simití presenta en su base contacto transicional con la infrayacente Unidad Rosablanca – Paja (FIGURA 28) y hacia el tope contacto discordante con La Formación Real (FIGURA 29).



FIGURA 28. (EG96006000002). La Unidad Tablazo-Simití (K1t K2s). Panorámica sitio del contacto transicional de las lodolitas negras de La Unidad Rosablanca-Paja a los suprayacentes mudstones de La Unidad Tablazo-Simití. Afloramiento margen derecho de la quebrada Santo Domingo.



FIGURA 29. (DP96022000001). Contacto discordante entre lodolitas silíceas muy diaclasadas de La Unidad Tablazo-Simití y depósitos arenosos-conglomeráticos. Vía que conduce a la vereda Las Animas.

Para el área de la plancha 96-I-C con base en amonites encontrados esta Unidad se puede ubicar del Aptiano al Albiano (FIGURA 30).



FIGURA 30. (AM96051000001). Rocas de La Unidad Tablazo-Simití (K1t K2s). Conformadas por lodolitas negras laminadas no calcáreas y con fósiles del tipo Amonite de tamaños medios. Afloramiento localizado en los alrededores de la quebrada la Humaderita.

Las rocas descritas para La Unidad Tablazo – Simití representan la mayor profundización del mar Cretácico en esta parte de la Cuenca del Valle Medio del Magdalena, predominado ambientes de baja energía abundante aporte de materia orgánica.

Esta unidad se extiende desde el sur de la población de Pozo Azul, pasando por Monterrey, hacia el norte, hasta la Plancha 85, conformando una morfología levemente ondulada, que contrasta con las de las de las Unidades Volcanoclástica de Noreán y Rosablanca-Paja (FIGURA 31).



FIGURA 31. (DI96012000002). Vía Monterrey-San Pablo. Panorámica sector noroccidental de Monterrey. Morfologías de La Unidad Volcanoclástica de Noreán (J1-2n), Unidad Rosablanca-Paja (K1rK1p) y La Unidad Tablazo-Simití (K1t K2s).

5.2.1.5. Unidad Real - Mesa (N1m N1-2r). El nombre de Grupo Real fue introducido por Wheeler en un informe inédito (Hubach, 1957). El nombre procede de los afloramientos que se encuentran en Bandera Real, una estación de triangulación situada al Norte del río Opón, aproximadamente a 2 Km. al Occidente de la quebrada Real. La sección tipo se encuentra en el área del río Opón, donde fue descrita por Wheeler (1935), como un conjunto de rocas clásticas de 3900 m de espesor, compuesta de base a tope por 30 m de conglomerados, 500 m de areniscas conglomeráticas con fragmentos de carbón, 1300 m de shales moteadas de gris y rojo, 1100 m de areniscas donde son frecuentes los troncos carbonizados y silicificados, y hacia el tope 500 m de shales de colores rojo, gris, púrpura y pardo, intercalados con areniscas en capas delgadas. Esta secuencia termina con paquetes de areniscas conglomeráticas, que presentan estratificación cruzada, con presencia de madera carbonizada y restos de hojas.

De acuerdo con el Léxico Estratigráfico de Colombia, en la nomenclatura estándar propuesta por Morales *et al.* (1968), para el Valle Medio del



Magdalena, el Grupo Real constituye un conjunto formado por conglomerados, areniscas y shales, que se encuentran comprendidos entre la Formación Colorado del Grupo Chuspas en la base y el Grupo Mesa en la parte superior. En este sentido el Grupo Real coincide con la descripción dada por Wheeler en la región del río Opón que puede considerarse como sección tipo: Una de las características que presenta el Grupo Real es la presencia de abundante hornblenda y magnetita en varios de los niveles de areniscas. Esta abundancia de hornblenda estaría relacionada con la actividad volcánica de la Cordillera Central que se iniciaría con el Mioceno. Al parecer, como han señalado Anderson (1945) y Hubach (1957), la cantidad de material volcánico disminuye de Sur a Norte en relación con los focos volcánicos de la Cordillera Central. De esta manera en la sección de Aguas Claras, en el río Sogamoso, la hornblenda está prácticamente ausente. La Colombian Soc. Petr. Geol. Geoph. (1965), señala que en la Concesión de Mares el tamaño del grano de los sedimentos disminuye de Suroeste a Noreste. En cuanto a edad, el Léxico Estratigráfico de Colombia, reporta que los fósiles son escasos teniendo en cuenta el espesor y extensión del Real. Morales *et al.* (1958), señalan que Olsson halló un horizonte de moluscos en el Pozo N° 4, en el Campo de Velásquez, cuya posición estratigráfica es más alta que el horizonte correspondiente a la Cira, asignándole una edad Miocénica.

El nombre de La Formación Mesa fue usado por Weiske (1938) y por Butler (1982), para capas de la parte inferior del Grupo Mesa en el área de Honda, del Valle Superior del Magdalena. En la Concesión Mares (cuadrángulos H-11 e I-11) el Mesa alcanza los 250 metros, consistiendo de shales negros, masivos, areniscas friables, conglomerados poco consolidados, gravas y arenas de terraza (Taborda, 1965). Algunas de las areniscas contienen abundante material de plantas carbonizadas; los conglomerados gris oscuro azulosos, contienen guijos de cuarzo, chert y rocas ígneas. En la parte más superior hay gravas poco estratificadas, no consolidadas, en matriz arenosa, con intercalaciones locales de arena arcillosa gris amarillenta a rojiza y arcilla arenosa. En la Plancha 96-I-C, los Grupos Real y la Formación Mesa se

cartografiaron como una sola unidad, teniendo en cuenta la dificultad para separarlas litológicamente y sus expresiones morfológicas muy similares, semiplana a algo ondulada (FIGURAS 32 y 33).



FIGURA 32. (AP96069000002). Unidad Real - Mesa (N1m N1-2r). En esta fotografía se observa la expresión geomorfológica típica ondulosa de cerros de poca altura de dicha Unidad.



FIGURA 33. (AP96069000002). Unidad Real - Mesa (N1m N1-2r). En esta fotografía se observa un cerro de poca altura que corresponde a areniscas Tobáceas de esta Unidad. Al SE de la Población de Pozo Azul.



FIGURA 34. (AM96043000002). Unidad Real - Mesa (N1m N1-2r). En esta fotografía se observa un cerrito de poca altura que corresponde a areniscas con cuarzo subangular de grano medio y color rojizo. Al SE de la Población de Pozo Azul.

La extensión de esta Unidad prácticamente comprende todo el sector oriental de la plancha 96-I-C, destacándose y siendo geomorfológicamente fácil su identificación por su expresión característica de semiplana a ondulada.

Hacia la base, al oriente de Monterrey, hasta el sector de cueva de Sapo al sur, predominan niveles de arena de grano medio a grueso, con alto contenido de cuarzo subangular y algunos líticos grises oscuros. El color es abigarrado variando desde amarillo, rojizo a violeta. Afloramientos de estas areniscas se encontraron al SE de la población de Pozo Azul (FIGURA 34).

Dentro de estos niveles se presentan paleocanales compuestos de gravas ricas en cuarzo, cuarcita, chert y líticos de areniscas y lodolitas, embebidos en una matriz arenosa. Se presentan además, intercalaciones de arenas con algunos niveles de arcilla, gris azulosa, plástica, de pocos centímetros de espesor (FIGURAS 35 y 36).



FIGURA 35. (AM96055000002). Unidad Real - Mesa (N1m N1-2r). En esta fotografía se observan los niveles arenáceos y gravosos con cantos redondeados de hasta 12cm de diámetro.



FIGURA 36. (AM96055000001). Unidad Real - Mesa (N1m N1-2r). En esta fotografía se observan los niveles de conglomerados con cantos redondeados de hasta 12cm de diámetro.

Suprayaciendo los anteriores niveles aparecen capas de grava suelta, mal seleccionada, conformada por cantos redondeados de cuarzo (huevos de pato), arenisca cuarzosa, cuarcitas, arcillolitas marrones a gris oscuras, y líticos de rocas ígneas. En general los cantos se encuentran embebidos en una matriz

arenosa, algunos de los cuales están alterados tomando aspecto arcilloso con colores que varían de rojizo a gris oscuro (FIGURA 37).



FIGURA 37. (DI96021000001). Ladera izquierda de la quebrada Las Animas. Detalle de los conglomerados que hacen parte de la Unidad Real-Mesa (N1m N1-2r). Por la vía Monterrey - Santo Domingo, se observan abundantes rodados de conglomerados muy compactos de color marrón oscuro, con alto contenido de cantos redondeados de hasta 12 cm. de diámetro, con colores rojizos, amarillentos, conformados por cuarzo, cuarcitas y areniscas cuarzosas, embebidas en una matriz arenosa, dura, gris oscura a rojiza, rica en cuarzo y óxidos de hierro. Estos conglomerados podrían corresponder a la base de esta Unidad en el sector.

La parte media de esta Unidad, en el sector Socorro - Canaletal, por la vía que conduce de Monterrey a San Pablo, se caracteriza por un aumento en el contenido de arcillas, encontrándose arcillolitas violáceas abigarradas, plásticas, dispuestas en láminas hasta de 10 cm., alcanzando los 5 metros de espesor. Se intercalan niveles arenoarcillosos, compactos, que alcanzan los 12 metros de espesor, de colores rojizos a amarillentos, que contienen troncos fosilizados (Xilópalos) de hasta 3 metros de longitud, desarrollando suelos de color marrón, plásticos, con espesores mayores a los 3 metros (FIGURA 38).



FIGURA 38. (DI96038000001). Vía Monterrey - San Pablo. Niveles arenarcillosos de la Unidad Real-Mesa (N1m N1-2r), de colores rojizos a amarillentos, que contienen troncos fosilizados (Xilópalos).

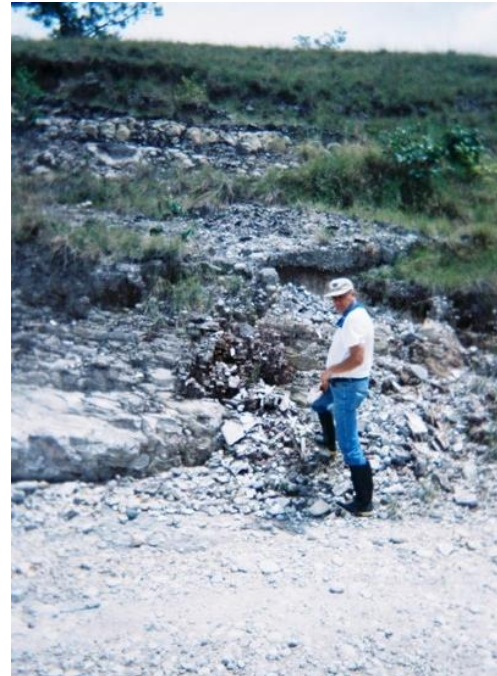


FIGURA 39. (AM96055000003). Izquierda: Niveles arenarcillosos de colores rojizo a violetas intercalados con niveles arenogравosos. (EG96045000001). Derecha: Depósitos de conglomerados grises con cantos subredondeados a redondeados de cuarzo variedad lechoso ("huevo de pato"), en capas hasta de 2 m.

En algunos sectores estos niveles se encuentran suprayacidos por capas de gravas rojizas, oxidadas, ricas en cuarzo (huevos de pato), fragmentos redondeados de cuarcitas, líticos de arenisca, chert y rocas Tobácea (FIGURA 39).

Hacia el tope de esta Unidad, al oriente de San Blas, hasta, se presenta un enriquecimiento en material tobáceo, observándose arenas tobáceas color violeta, gris amarillento, de grano fino a grueso, deleznable, variando desde altamente feldespáticas a cuarzosas, con plagioclasas, líticos y anfíboles. Estos niveles tienen hasta 1,5 m. de espesor y se intercalan con capas gruesas de gravas hasta de 2 m. y arcillas de color gris a gris violeta (FIGURA 40).



FIGURA 40. (AM96057000007) Encontramos intercalaciones de niveles arenoarcillosos y depósitos tobáceos pertenecientes a la Unidad Real- Mesa (N1m N1-2r), donde se ve claramente la inclinación de estos paquetes. Alrededores de San Pablo.

Esta Unidad yace en forma discordante sobre La Unidad Tablazo-Simití, contacto observado en la vía Monterrey - Santo Domingo, en cercanías al cementerio de Monterrey. También se observó al norte de la quebrada Santo Domingo, sector Pozo Azul y en la vía Simití - San Pablo.



La edad de La Unidad Real – Mesa se considera Mioceno medio a Pleistoceno con base en su posición estratigráfica y ambiente sedimentario, que representa el periodo de tiempo de máximo levantamiento de la Cordillera Oriental, y hacia el tope, el inicio del vulcanismo reciente.

5.2.1.6. Depósitos Cuaternarios. Estos materiales corresponden a sedimentos transportados y depositados por las corrientes principales y diferentes procesos de sedimentación como la acreción lateral, la acreción vertical o los depósitos de flujos o avalanchas.

La identificación y separación de las unidades Cuaternarias siguió la metodología en la cual los depósitos se clasificaron según su origen en: Depósitos de dinámica fluvial y de acumulación, los cuales se agrupan en: llanuras de inundación (Qfal), depósitos de canal (Qfc) y por último depósitos de coluvión (Qco). La cartografía de estos depósitos se basó en aspectos geomorfológicos y litológicos identificándose geoformas típicas denominadas de acuerdo con su posición respecto a los ríos y drenajes de la zona.

5.2.1.6.1. Depósitos de Coluvión (Qco). Estos materiales se originan por acción de la gravedad principalmente asociados a la parte media y baja de las laderas de la Serranía de San Lucas, Su composición varía de acuerdo al tipo de roca origen y están conformados por bloques y cantos angulares, matriz soportados y dispuestos caóticamente.

5.2.1.6.2. Depósitos fluviales de canal (Qfc). Corresponde al material que actualmente es arrastrado por la dinámica de los ríos y están confinados a sus canales, dentro de los cuales se incluyen barras puntuales, longitudinales y transversales, diques naturales, islas e islotes. Se presentan también estos



depósitos a lo largo de los valles en las zonas montañosas, en los cuales las quebradas y ríos transportan el material de las unidades que atraviesan. Se observan actualmente a lo largo de la quebrada Santo Domingo y el río Boque.

Se componen de arenas, gravas y bloques hacia las zonas montañosas, mientras que en las zonas planas mientras que en las zonas del Valle del Magdalena estos depósitos se componen de arenas, limos y arcillas orgánicas.

5.2.1.6.3 Depósitos de llanura de inundación (Qfal). Estos depósitos están presentes en las márgenes de los ríos, los cuales se encuentran conformados esencialmente por arcillas y limos con aportes menores de arenas y gravas dentro de una matriz limo-arcillosa.



5.3. ESTRUCTURAL

El estudio estructural que se presenta a continuación, ha sido planteado, teniendo en cuenta además de los datos obtenidos en campo, el modelo geotectónico del grupo de neotectónica del INGEOMINAS, descrito en Osorio *et al.* (2004). Para esta tarea, se contó con el permanente apoyo de los Geólogos Jairo Alonso Osorio y Mario Andrés Cuellar (integrantes del grupo citado), a quienes nuevamente manifestamos nuestro profundo agradecimiento por su orientación en este campo.

La serranía de San Lucas corresponde a un relieve emergido del basamento de La Cordillera Central, durante la terminación transpresiva del sistema de falla Palestina, ocurrida en su fase principal durante el Jurásico tardío (Barrero, 2001) (FIGURA 41).

Orozco y Osorio (2004), proponen que la fase de acreción del bloque Panamá – Choco, que comienza durante el Eoceno, continúa activo en la actualidad y condiciona los mecanismos de deformación actuales en todo el territorio. Estos mecanismos de deformación se particionan y además de ser progresivos, se presentan de manera diferencial generando complicadas relaciones de reactivación en los sistemas pre-Eoceno e intensos mecanismos de deformación reciente de tipo transpresivo y transtensivo controlado por grandes fallas transversales NE de tipo principalmente transcurrente.

La Serranía de San Lucas en el proceso actual representa un bloque aislado desprendido cinemáticamente del sistema maestro de Palestina (Osorio *et al.*, 2004), que se desplaza en dirección NEE controlado en sus límites por fallas transcurrentes mayores, como son al norte la falla Espíritu Santo y al Sur por la falla Cimitarra de carácter dextral principalmente.

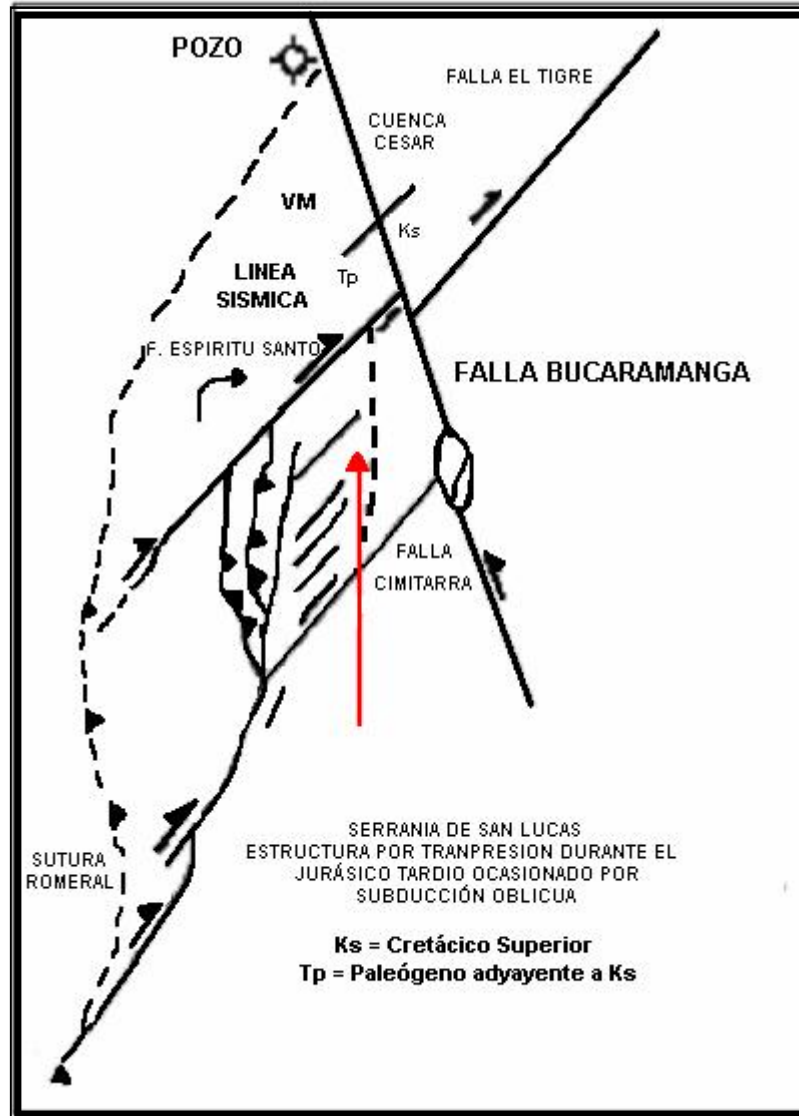


FIGURA 41. Estructura transpresiva de la Serranía de San Lucas asociada a la Falla Palestina. Modificado de Barrero (2001).

En este proceso la velocidad diferencial entre estas fallas mayores genera al interior del bloque, deformaciones asociadas a rotaciones de bloques menores en un claro sistema de cizalla simple. De esta manera, sobresalen estructuras destrales que al interior particionan el sistema deformativo controlando específicamente zonas de influencia mas pequeñas. En este proceso es posible entonces encontrar zonas donde los campos de esfuerzo local cambian desde transcurrencia a transpresión o transtensión, induciendo características deformativas particulares. A nivel regional el sistema deformativo esta

representado por una estructura transpresiva destal de dirección NE tipo flor positiva, la cual cruza la región límite entre las planchas 85 y 96. Hacia el E el sistema evoluciona a estructuras sinuosas de carácter destal que forman rotaciones horarias típicas de cizalla simple en un ancho aproximado de 20 Km (FIGURA 42).

La deformación al interior de la flor afecta la secuencia sedimentaria del Valle del Magdalena, y especialmente en las rocas Cretácicas genera pliegues de arrastre tipo S que confirman el mecanismo de cizalla propuesto (Paredes del Ororia). De igual manera los depósitos cuaternarios y en especial el cauce del Río Magdalena es claramente controlado por el mismo mecanismo de cizalla, indicando que la progresión de la deformación tiene marcadas características de actividad reciente. Las principales fallas de este sistema han sido definidas como Las Brisas, Simití y San Blas.

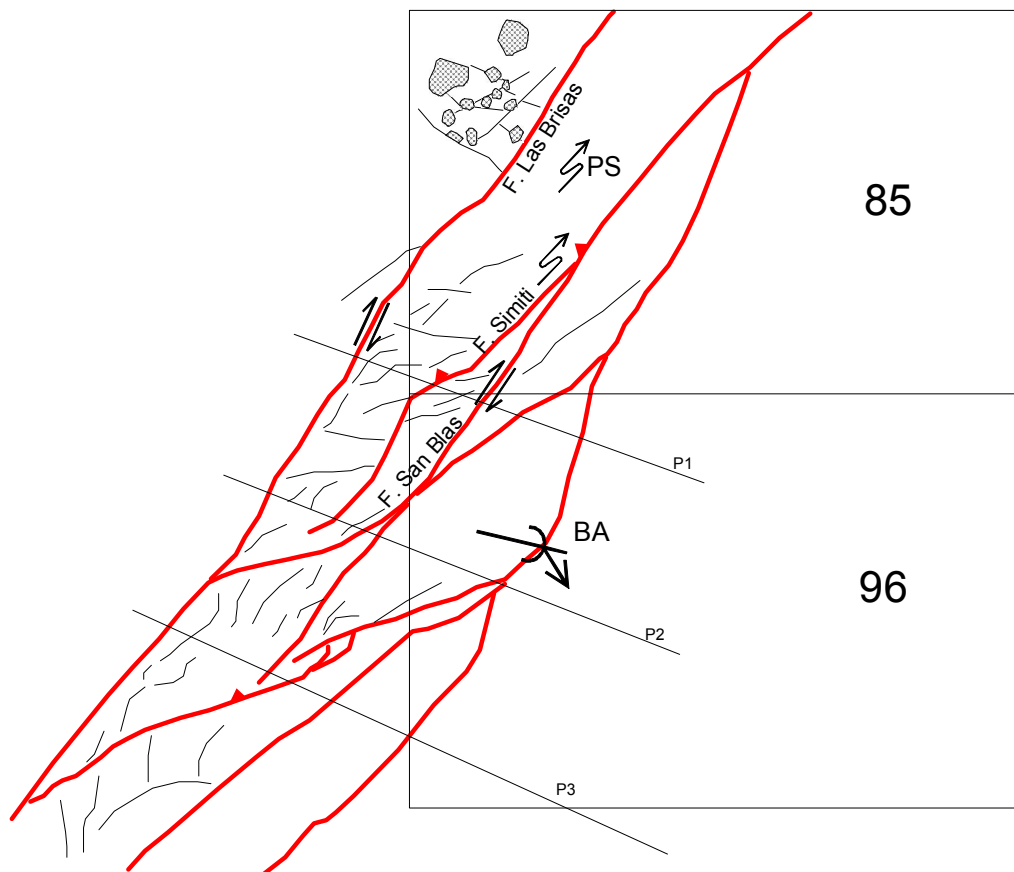


FIGURA 42. Esquema estructural de la geometría de la flor positiva del sistema las Brisas. BA basculamiento por flexura. PS pliegue de arrastre tipo S. Achurado Cruz vulcanismo de las Brisas.



En la plancha 96-I-C es manifiesto como el basamento Jurásico y los niveles Cretácicos son basculados hacia el SE, produciendo un aumento del espesor de los sedimentos post-Mioceno, de esta forma es claro que la exposición de relieve invertido de la Unidad Real - Mesa se debe entonces a que el nivel deposicional se ha desplazado al oriente como consecuencia del basculamiento progresivo, causando la profundización de los drenajes en esta unidad y permitiendo su conservación.

De manera progresiva este fenómeno se reduce hacia el norte de la plancha 96, por lo cual la exposición de la Unidad Real - Mesa es cada vez menos espesa hasta quedar sepultada por debajo de los sedimentos cuaternarios, cuya línea de depositación está, en esta zona, cada vez más al occidente. Este proceso de basculamiento se puede observar en el comportamiento erosivo de la parte emergida al W de la línea del piedemonte. Mientras en el bloque controlado por la estructura en flor se pueden encontrar depósitos Cretácicos al W de la línea de piedemonte, al sur de la Falla San Blas estos depósitos están relacionados a ventanas erosivas por debajo de los depósitos de la Unidad Real - Mesa.

Las relaciones erosivas controladas por la posición de la línea de depositación actual de los drenajes de la serranía, controlan la aparición en superficie de los afloramientos de las rocas Cretácicas y la unidad Real - Mesa especialmente, bien sea en ventanas erosivas al sur o en escarpes pronunciados al norte.

En conclusión, la rotación en sentido horario de la estructura en flor, genera una respuesta flexural de las rocas al E, causando de forma progresiva el aumento proporcional del basculamiento en dirección SE (FIGURA 43).

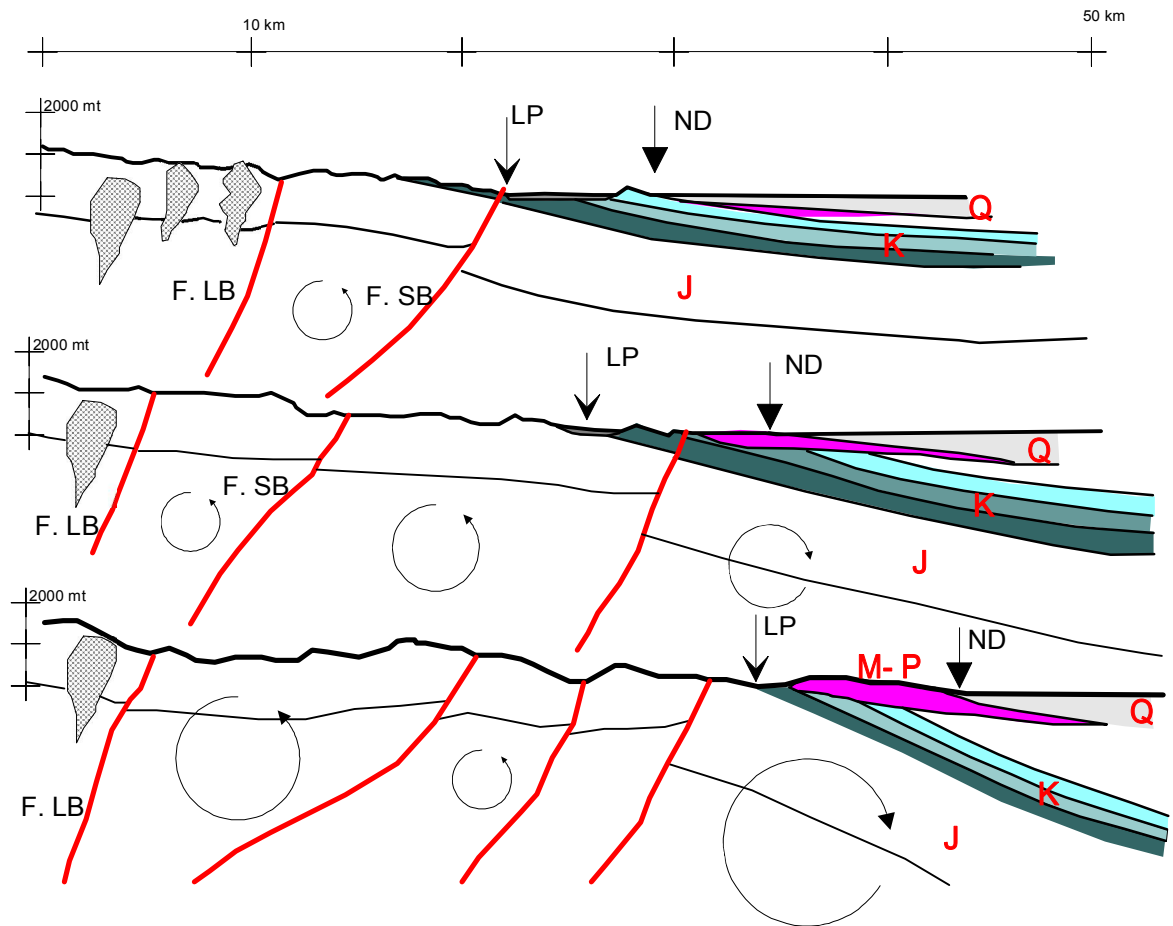


FIGURA 43. Evolución de la rotación flexural del Valle del Magdalena por levantamiento transpresivo del sistema de flor positiva las Brisas. LP Línea de piedemonte, ND nivel de depositación actual, F. LB Falla Las Brisas, F.SB F San Blas, Q cuaternario, M –P depósitos de la unidad Real-Mesa, K secuencia cretácica, J secuencia Jurasica. Arcos indican la dirección de rotación. Achurado en cruz cuerpos volcánicos de las Brisas.

5.3.1 Consideraciones preliminares. Los datos estructurales fueron tomados en campo siguiendo los parámetros propuestos por el INGEOMINAS, con la toma del azimut del rumbo y la cantidad del buzamiento para superficies estructurales como planos de estratificación, planos de diaclasa, planos de falla, dirección de estrías de falla, cabeceo, seguimiento de pliegues y micropliegues etc. El posterior procesamiento de los datos para definir las afinidades estructurales y su relación con la geología regional se integró y complemento con todos los datos tomados en la superficie de las planchas 85 y 96 en el marco del Proyecto San Lucas (UIS-INGEOMINAS).



5.3.1.1. Fallas (descripción de la deformación). Por lo tanto basados en el levantamiento de campo y la descripción las características litológicas y la orientación de las estructuras y microestructuras presentes, tales como: estratificación, diaclasamiento, planos de falla, diques y filones como rasgos planares, lineación de deslizamiento o dirección de cizalla, como rasgos lineales, se propone para la zona de estudio el siguiente sistema de fallas:

Fallas Destral Normal con rumbo NNE. Presenta una orientación promedio predominante en la zona de estudio 49-70 carácter dextral normal y conjugada de 198-64 sinextral inversa, este sistema de fallas es asociado al sistema de Fallas de las Brisas e interpretados como un sistema de flor positiva que han deformado las unidades de roca aflorantes durante el Holoceno con evidencias de neotectónica principalmente en el trazo de la Falla San Blas y en la falla de Simití ; el cual es correlacionado al sistema de Fallas Espíritu Santo siendo una de las principales fallas de la Cordillera Central. Presentando el sistema de fallas destral normal con rumbo NNE evidencia cinemática de actividad en andesitas porfíricas de la Unidad Volcanoclástica de Noreán (FIGURA 44) y lavas riolíticas cordadas (FIGURA 45) con desplazamientos en rumbo entre 7.5 y 10 centímetros. La Falla Espíritu Santo se manifiesta nítidamente en imágenes Landsat-TM y fotografías aéreas, en forma de lineamientos rectos y largos, controlando en forma marcada tramos de varios ríos principales, como es claramente observado en el Río Boque, al norte de la plancha.

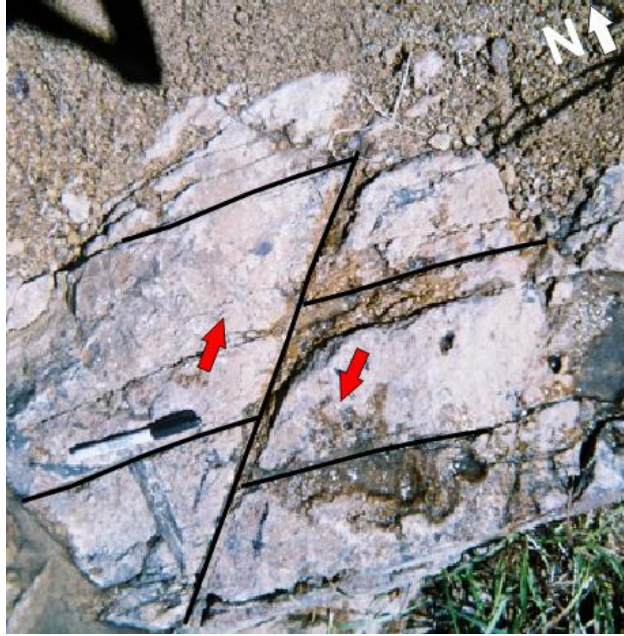


FIGURA 44. Plano de cizalla con desplazamiento de tipo dextral normal aproximado de 7.5 centímetros.

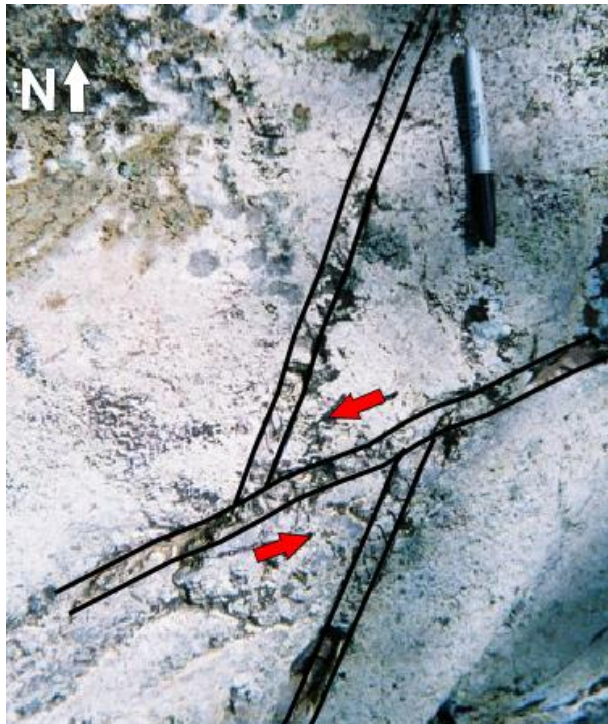


FIGURA 45. (MC96070). Plano de cizalla con desplazamiento de tipo sinistral aproximado de 10 centímetros.



Falla Sinistral de La Quebrada Santo Domingo. Esta falla de segundo orden se enmarca en el modelo propuesto para la región y descrito con anterioridad, (conjugada de 198-64 sinextral inversa), de tipo sinextral y bien identificada en campo por el cambio brusco de litología, rocas calcáreas (K1r k1p) y rocas de origen terrígeno, (J3a), con un salto de varios metros, claramente identificable en cercanía al puente que conduce de Monterrey a Pozo Azul (AM96001-AM960011). La falla se propaga a lo largo de toda la plancha en dirección NNE y afecta todas las unidades presentes en esta. La presencia de esta falla es de gran importancia ya que puede representar cambios en la madures composicional de algunas rocas de origen orgánico.

Lineamiento del Río Boque. Es una estructura inferida inicialmente por imágenes de satélite, que muestran el lineamiento en este segmento del Río Boque en sentido N20E. En campo fue posible relacionar la familia de diaclasas (FIGURAS 46 y 47) que se encuentran presentes a lo largo del Río Boque donde el río cambia de orientación E-W a N-S evidencian un fuerte control estructural representado por este cambio abrupto, el cual se encuentra controlado por una falla sinextral inversa 198-64, este lineamiento se encuentra enmarcado dentro del sistema de fallas propuesto para la región.



FIGURA 46. (DP96008000001). Diaclasa fosilizada con orientación 205/50 en tobas lito-cristalinas de color violeta sobre margen occidental del Río Boque.



FIGURA 47. (DP96009000001). Diaclasamiento sistemático con orientación 275/70 en tobas lito-cristalinas de color violeta sobre margen occidental del Río Boque.



5.4. GEOLOGIA ECONOMICA

El cuanto al potencial de recursos minerales de esta región, encontramos según observaciones en campo y por conocimiento general de los antecedentes de algunas de las unidades presentes en el área de trabajo, que estos recursos son: el oro y materiales de construcción.

5.4.1. Oro. Como es bien sabido la Serranía de San Lucas se ha constituido en los últimos años en una de las provincias de mayor producción de oro en Colombia, convirtiendo al Departamento de Bolívar en el primer productor nacional, a pesar de que el verdadero potencial aurífero de la región prácticamente permanece inexplorado, lo cual obedece en gran parte a la situación de orden público en la región, incidiendo negativamente en el conocimiento del verdadero potencial geológico del área. Por lo tanto la génesis del oro de San Lucas no ha sido objeto de estudio hasta ahora; se cree que está relacionada con eventos magmático-tectónicos acaecidos en el Jurásico-Cretácico y Terciario (Rodríguez y Pernet, 1983).

La actividad minera está centrada en la explotación artesanal de filones auríferos de espesor variable, stockworks y aluviones relacionados, con un porcentaje de recuperación inferior al 60% tanto en la extracción como en el procesamiento. A pesar de lo anterior, la producción anual promedio, alcanza las 9 toneladas de oro, corroborando su potencial aurífero. Se destacan los placeres de oro localizados en el extremo norte de la Serranía y al sur del municipio del Banco, en depósitos cuaternarios no consolidados (INGEOMINAS, 1999).

En cuanto al área específica de trabajo resultaron de gran interés los depósitos poco consolidados del Terciario, correspondientes a la Unidad Real-Mesa, en los cuales como se pudo observar sus niveles arenosos contienen cantidades importantes de oro diseminado y que actualmente los pobladores de la región se encuentran explotando (FIGURA 48).



FIGURA 48. (AM96025000001) Explotación de oro en depósitos arenosos pertenecientes a La Unidad Real- Mesa (N1m N1-2r).

La extensión de esta unidad en la plancha 96-I-C es considerable ya que representan prácticamente un 45% del área, y por ende sería de gran interés dada la abundancia de estos niveles arenosos y la buena exposición, realizar estudios mas detallados para determinar el verdadero potencial aurífero en esta unidad.

5.4.2. Materiales de construcción. Consideramos que el área de estudio constituye una gran fuente de materiales para agregados pétreos, los cuales están representados en arenas y gravas, como por ejemplo los diferentes niveles de la Unidad Real-Mesa, además las arenas y gravas en los alrededores de la Quebrada Santo Domingo; y finalmente las rocas volcánicas (empleadas en construcción de vías), junto con las calizas las cuales constituyen una fuente de materia prima para la ornamentación. También es igualmente importante el empleo de las calizas ricas en CaCO_3 , como materia prima para fabricación de cemento, vidrio, concentrados y cal agrícola.



5.5. GEOLOGIA AMBIENTAL

La Serranía de San Lucas, constituye una región montañosa con gran riqueza de flora y fauna. Es considerada Ecoregión estratégica debido a la sensibilidad de los ecosistemas que la integran, la biodiversidad que contiene y las múltiples riquezas mineralógicas identificadas.

La región que comprende la plancha 96-I-C, comprende una gran variedad de recursos hidrobiológicos, dentro de los cuales tenemos los caños, la quebrada Santo Domingo y el río Boque, los cuales surten de aguas a los pobladores de la región. No obstante su riqueza hídrica y por ende el ecosistema del área de estudio está amenazado actualmente por la contaminación y en un futuro cercano por la erosión.

5.5.1. Contaminación. Es la contaminación de las fuentes de agua la amenaza principal de la región y se encuentra patrocinada por la minería de oro principalmente.

La contaminación por minería de oro efectuada en los cursos altos de las principales quebradas (fuera del área de la plancha, pero que se comunican mas adelante con los cursos de agua del área de trabajo), se encuentra afectando el sector sur occidental y en las zonas semiplanas a onduladas, donde actualmente explotan las arenas auríferas de los depósitos del Terciario, afectando los pequeños caños de la región la región oriental.

Por lo tanto los procesos de beneficio de este mineral han enturbiado y contaminado con mercurio y otros residuos químicos las aguas (FIGURA 49), como por ejemplo las del caño Maya, en la región SW de la plancha. Cuyos efectos nocivos fueron claramente observados en la fauna (peces muertos), lo cual debería encender las alarmas y conducirnos a la búsqueda de soluciones para así evitar, peores consecuencias en el futuro.



FIGURA 49. (AP96065000001). Fotografía de las aguas del caño Maya, las cuales presentan colores grisáceos a verdosos y de sensación almidonada, como consecuencia de la contaminación.

Otras amenazas de contaminación para las aguas de la región, son la ganadería y el mal manejo de las aguas negras en la región (FIGURA 50).



FIGURA 50. (HC96098000001). Aguas contaminadas por mal manejo de residuos y aguas negras.



5.6. PETROGRAFÍA DE ROCAS

Las muestras analizadas petrográficamente corresponden a un número de diez (10) en total. Estas muestras se encuentran distribuidas de la siguiente manera: ocho (8) para rocas del Jurásico, representadas por siete (7) de la Unidad Volcanoclástica de Noreán y una (1) de la Unidad Conglomerática de Arenal; y para rocas del Cretácico dos (2) muestras de la Unidad Rosablanca-Paja.

5.6.1. Consideraciones Preliminares. En este capítulo se describirán las principales características composicionales y texturales encontradas en las láminas delgadas, de las cuales ocho (8) corresponden a rocas Jurásicas y dos (2) para rocas Cretácicas.

La petrografía de las láminas delgadas de las muestras de rocas recolectadas en la fase de campo, se realizó siguiendo los parámetros propuestos por el INGEOMINAS. El formato utilizado para la descripción detallada de las láminas se presenta como anexo a la Tesis.

5.6.2. Rocas Jurasicas. La mayor parte de las muestras analizadas corresponden a rocas de La Unidad Volcanoclástica de Noreán, siete (7) en total. Estas muestras se encuentran localizadas hacia la región occidental de la plancha. La Secuencia en que serán descritas las muestras de dicha Unidad corresponde al avance desde la parte más basal (más occidental) hasta las muestras localizadas mas cerca al tope de dicha unidad (FIGURA 51).

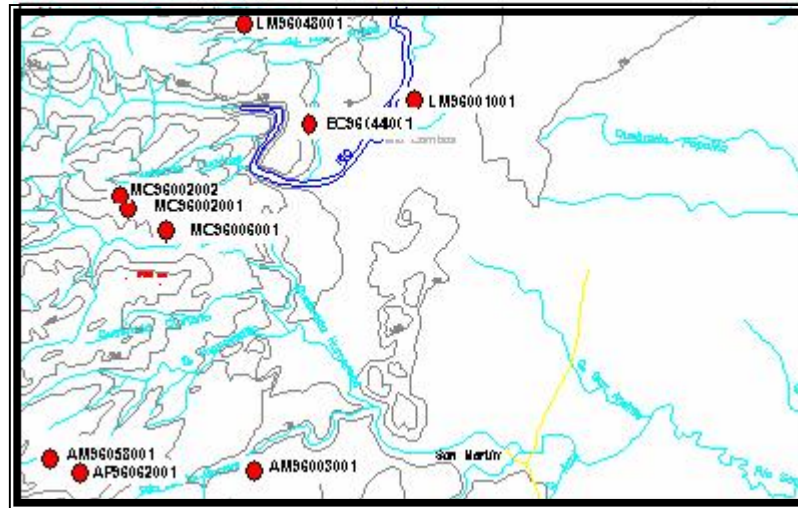


FIGURA 51. Esquema de localización de las láminas delgadas.

Las rocas de la Unidad Volcanoclástica de Noreán corresponden a lavas riolíticas, riodacíticas y dacíticas, constituidas principalmente por fenocristales de feldespato potásico (ortoclasa 25% - 35%, aproximadamente), plagioclasa (valores que oscilan entre 10% y 25%), cuarzo (5% -10%, aproximadamente); y en menor proporción presentan: micas, vidrio, olivinos, anfíboles, piróxenos, minerales opacos, fragmentos de roca y minerales de alteración como sericita, caolinita, epidota y clorita. Estos se encuentran dentro de una matriz vítrea, acompañada de pequeños cristales de plagioclasa, cuarzo y minerales ferromagnesianos. En la mayoría de las láminas se presenta el proceso de desvitrificación de la matriz, ya que es bastante notable la presencia de caolinita como producto de neoformación. En el caso de los fenocristales se presenta un predominio igualmente caolinítico, aunque también es importante la presencia de sericita y epidota como productos de alteración de algunas plagioclasas. Otro aspecto notable es la presencia de fragmentos de roca en la mayoría de las láminas, pero con porcentajes que nunca sobrepasan el 10%. Estos junto con características como flujos en la matriz, orientación de los minerales y bajo retrabajamiento de estos últimos, permitieron definir que las muestras corresponden a lavas riolíticas, riodacíticas y dacíticas.

Considerando que el buzamiento general de las rocas de la Unidad Volcanoclástica de Noreán es hacia el este, por lo tanto en la plancha las partes más basales de la formación se encuentran hacia el oeste. Las muestras analizadas ubicadas más hacia el oeste de la plancha corresponden a las secciones MC96002001 y AM96058001 (Análisis detallado en el ANEXO 5). En general en estas muestras se encuentran cristales de afinidad intermedia junto con fragmentos de roca en una proporción menor al 15% dentro de una matriz principalmente vítrea y con neoformación de caolinita, que corresponden a lavas riolíticas porfídicas (FIGURAS 52 y 53).

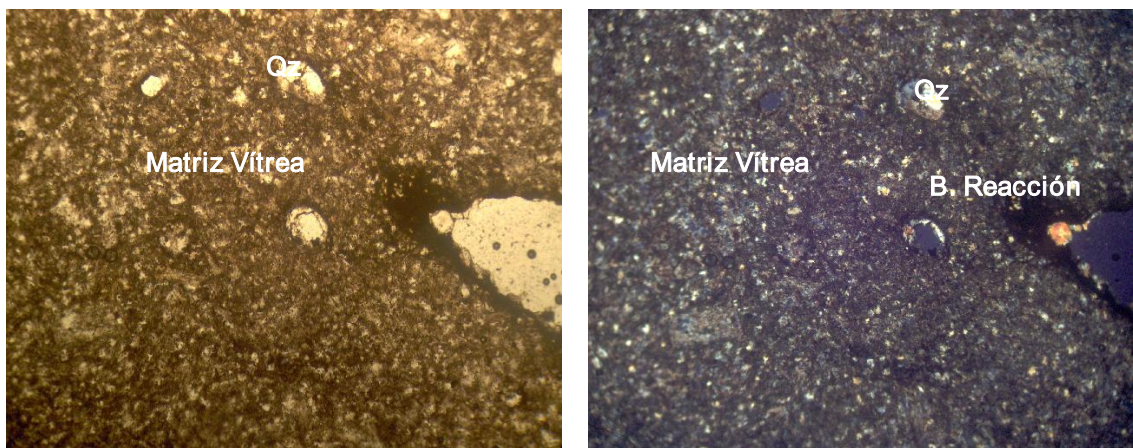


FIGURA 52. Sección delgada MC96002001. Aumento 4X. A la derecha en nicols cruzados (NC) cristales de tamaño muy fino de ortoclasa, plagioclasa y cuarzo, formando parte de una matriz vítrea con un grano de tamaño fino, dentro de la cual se encuentran fragmentos de cuarzo y de plagioclasa de roca, los cuales presentan bordes de reacción, presencia de vesículas y óxidos.

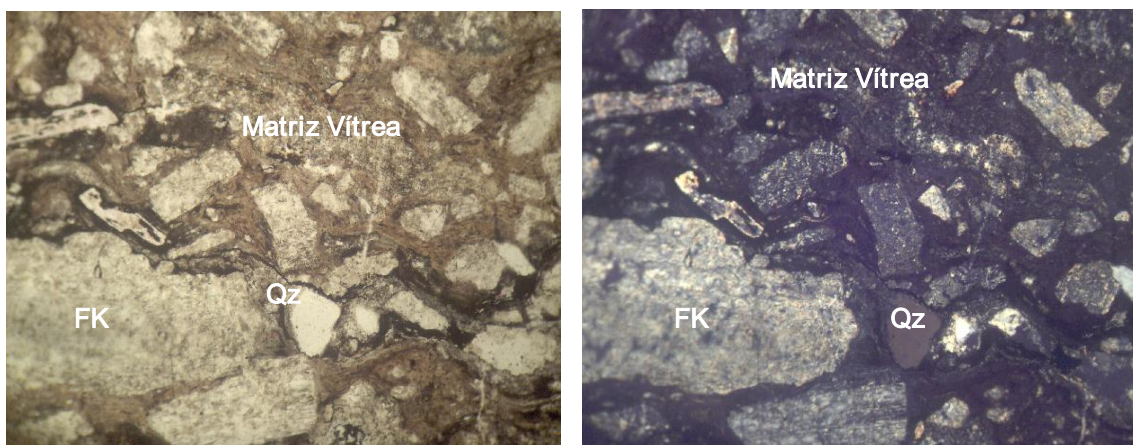


FIGURA 53. Sección delgada AM96058001. Aumento 4X. A la derecha en nicols cruzados (NC) fenocristales de ortoclasa, plagioclasa y cuarzo, con sus diferentes procesos de alteración, formando parte de una matriz vítrea con un grano de tamaño fino. A la izquierda en nicols paralelos (NP) se observa orientación caótica de algunos fenocristales y la tendencia de la matriz vítrea a desarrollar estructuras de flujo alrededor de los fenocristales.

Un poco menos al Oeste de y acercándonos a la región central de la plancha o hacia el tope de la Unidad se analizó la muestra MC96006001; en esta sección se disponen fenocristales junto con algunos fragmentos de roca que no superan el 10%. Los fenocristales en general presentan variados tamaños, generando una textura inequigranular en esta muestra. También son muy notorios los embahiamientos en los cristales de cuarzo como consecuencia de la temporalidad en la nucleación. Además de microfracturas en fenocristales de ortoclasa (FIGURA 54).

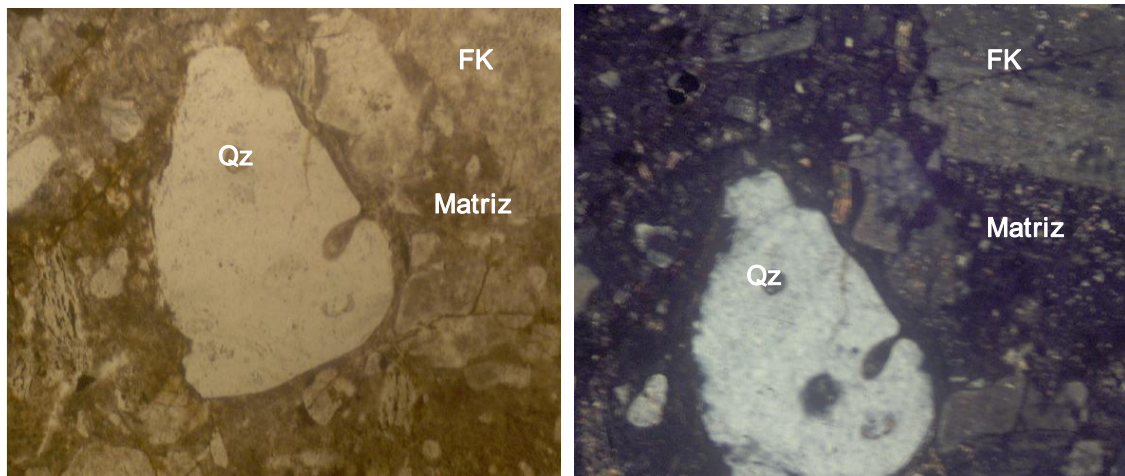


FIGURA 54. Sección delgada MC96006001. Aumento 4X. A la derecha en nicoles cruzados (NC) fenocristales de ortoclasa, plagioclasa y cuarzo, en donde se observa claramente embahiamientos del cuarzo debido a la temporalidad en la nucleación. A la izquierda en nicoles paralelos (NP) donde se aprecia la variación en los tamaños de los fenocristales.

Acercándonos un poco más a la región central de la plancha encontramos la muestra LM96048001, la cual como particularidad presenta una mezcla de fundidos acompañados por estructuras de flujo, orientación de los minerales alargados, como es el caso de las biotitas presentes y embahiamientos en los minerales y una disminución en el contenido de cuarzo. Continúa siendo abundante el contenido de caolinita en la matriz vítrea como producto de neoformación. Esta matriz es criptocristalina y la disposición entre los cristales y alrededor de ellos permite definir las direcciones de flujo (FIGURA 55).

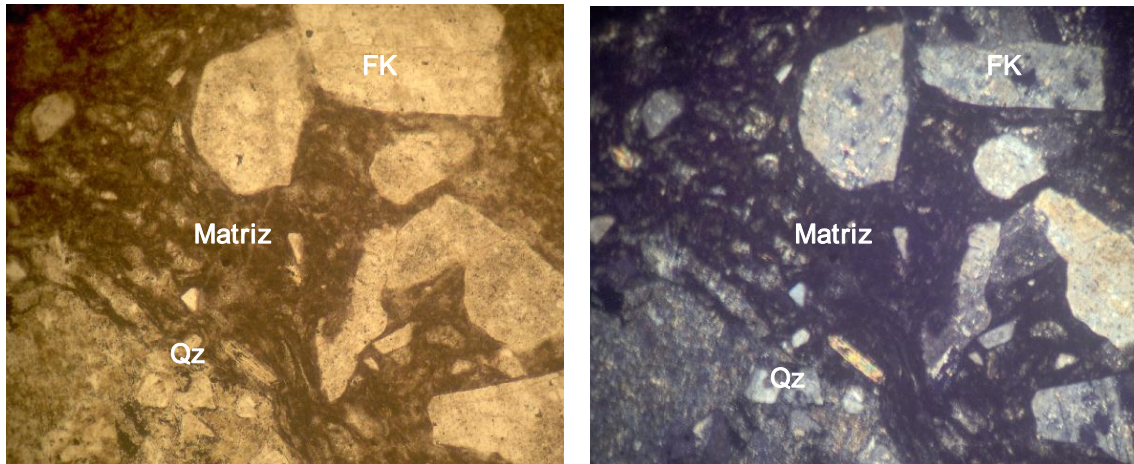


FIGURA 55. Sección delgada de la muestra LM96048001. Aumento 4X. A la derecha en nicols cruzados (NC) fenocristales de ortoclasa principalmente y plagioclasa, en donde se observa maclado característico. A la izquierda en nicols paralelos (NP) se observan embahiamientos de los fenocristales.

Una variación importante en la cantidad y tamaño de los fenocristales presentes en las muestras analizadas es la observada en la sección AP96062001, en la cual es claramente notable la disminución de los fenocristales y cuya distribución es caótica, sin orientaciones preferenciales. Es evidente un aumento respectivo en la cantidad de la matriz conformada por una pasta vítrea acompañada de otros minerales. (FIGURA 56).

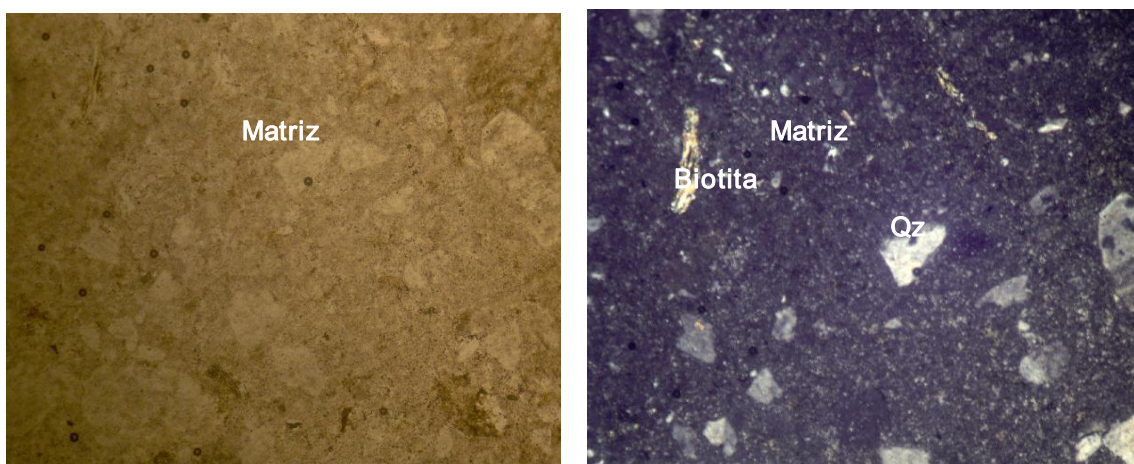


FIGURA 56. Sección delgada de la muestra AP96062001. Aumento 4X. A la derecha en nicols cruzados (NC) y a la izquierda en nicols paralelos (NP). Variación importante en la cantidad y tamaño de los fenocristales.

Además es importante la presencia de microfracturamientos en los fenocristales, tal como se observa con mayor detalle en la Plagioclasa de esta muestra y también en la matriz vítrea se logra observar que están presentes diminutos cristales de pirógenos en pequeñas cantidades y también minerales ferromagnesianos (FIGURA 57).

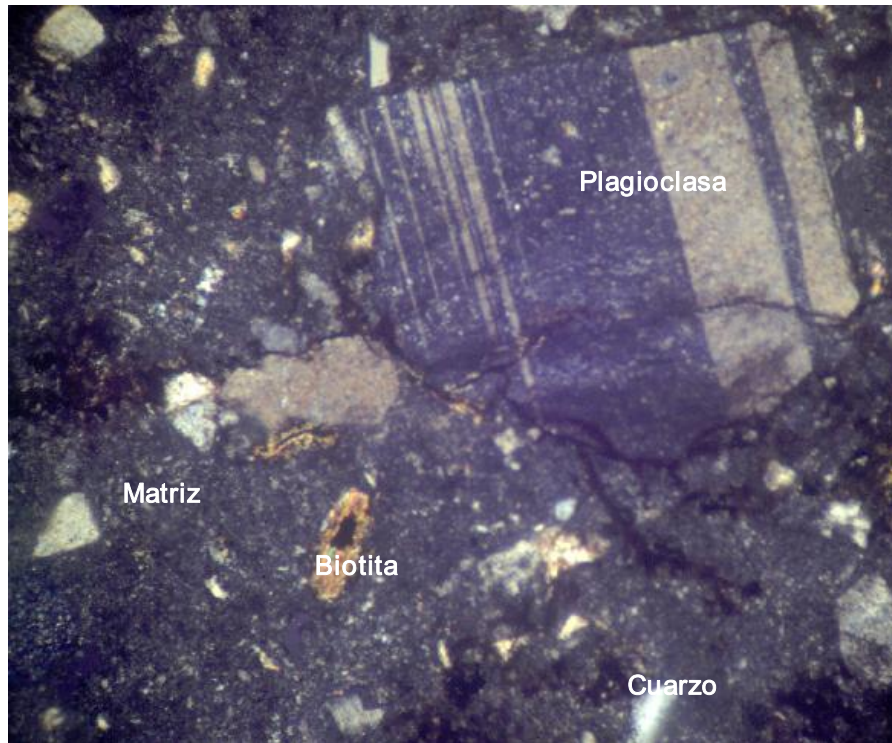


FIGURA 57. NC, aumento 10X. Microfracturamiento en fenocristal de Plagioclasa, exhibiendo maclado característico. Dentro de una matriz vítrea acompañada de otros minerales de tamaño muy fino.

Otro aspecto importante es la presencia de intercrecimientos con bordes de reacción entre plagioclasas, ortoclasa y cuarzo. Observados en la muestra AP96001001 (FIGURA 58).



FIGURA 58. NC, aumento 10X. Fenocristal de plagioclasa en una matriz de grano fino. Intercrecimiento con borde de reacción entre una ortoclasa y una plagioclasa en una lava dacítica.

En este trabajo se ha podido corroborar que a nivel macroscópico la litología de mayor ocurrencia esta constituida por las lavas riolíticas, riodacíticas y en menor proporción lavas dacíticas, mediante el estudio microscópico de las láminas analizadas, las cuales fueron distribuidas espacialmente en diferentes zonas de la plancha.

Para la Unidad Conglomerática de Arenal se realizó el análisis de la lámina identificada como AM96003001, la cual fue recolectada en inmediaciones de la Quebrada Santo Domingo, en el sector sur occidental de la plancha. En esta lamina se observan los cuarzos de formas subangulares principalmente y cuarzo microcristalino, acompañados por algunas plagioclasas también de formas subangulares; también es importante la presencia magnetita en esta lámina. La muestra presenta regular calibrado y por sus características

texturales la muestra es inmadura y se clasificó como Arenisca cuarzo feldespática de tipo arcosa de tamaño de grano fino (FIGURA 59).

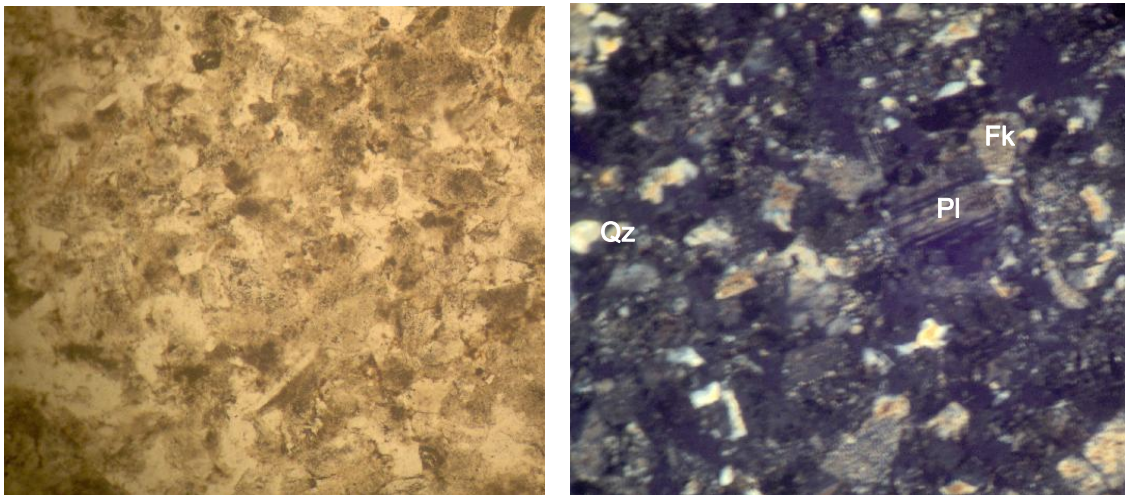


FIGURA 59. Sección delgada de la muestra AM96003001. Aumento 4X. A la derecha en nicoles cruzados (NC) y a la izquierda en nicoles paralelos (NP). Se observan los granos de cuarzo de formas subangulares principalmente, con algunas plagioclasas también subangulares.

5.6.3. Rocas Cretácicas. Las rocas Cretácicas en la zona de estudio se encuentran localizadas en zonas planas y de pequeños montículos de poca extensión. En general las laminas analizadas correspondientes a las rocas cretácicas pertenecen a la Unidad Rosablanca-Paja y son: EC96044001 y LM96001001. Estas muestras se encuentran localizadas hacia el sector central de la plancha.

En el sector más oeste de esta Unidad, en los alrededores de la población de Monterrey mas exactamente al oeste de esta población, se recolecto la muestra EC96044001 la cual corresponde a una caliza biomicrítica con bioclastos conformados por conchillas, fragmentos de conchillas, oolitos y forams. Muchos de estos bioclastos recristalizados a calcita. Además se encuentran presentes algunos fragmentos líticos, tales como cuarzos perfectamente redondeados y ovalados (FIGURA 60). En esta muestra encontramos una conchilla de gran tamaño (3cm de longitud

aproximadamente) la cual exhibe perfectamente su estructura interna gracias al corte de la lamina (FIGURA 61).

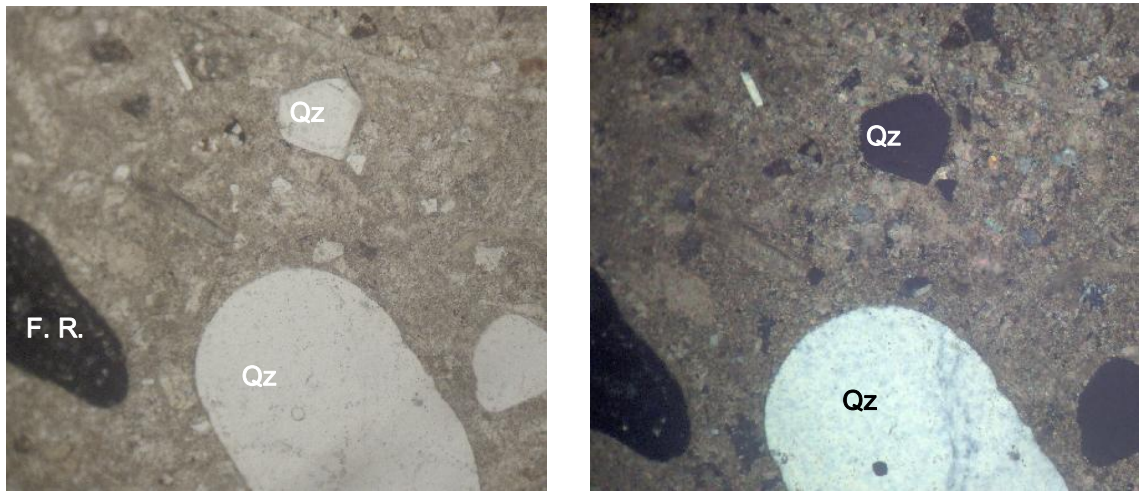


FIGURA 60. Sección delgada de la muestra EC96044001. Aumento 4X. A la derecha en nicoles cruzados (NC) y a la izquierda en nicoles paralelos (NP). Caliza biomicrítica con bioclastos conformados por conchillas, fragmentos de conchillas, oolitos y forams. Muchos de estos bioclastos recristalizados a calcita. Además fragmentos líticos, tales como cuarzos perfectamente redondeados y ovalados. La muestra corresponde a un Packstone.

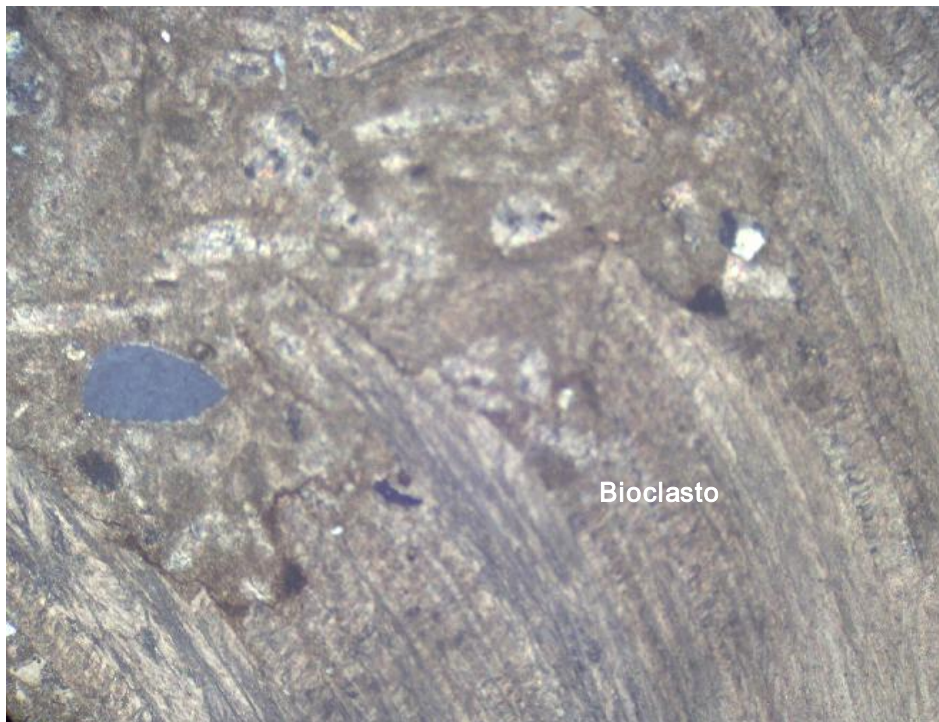


FIGURA 61. Sección delgada de la muestra EC96044001. Aumento 10X. En nicoles cruzados (NC). Se observa parte de una conchilla de gran tamaño (3cm de longitud aproximadamente) la cual exhiben perfectamente su estructura interna gracias al corte de la lámina.

Además fue posible observar la presencia de forams, en esta muestra (FIGURA 62).

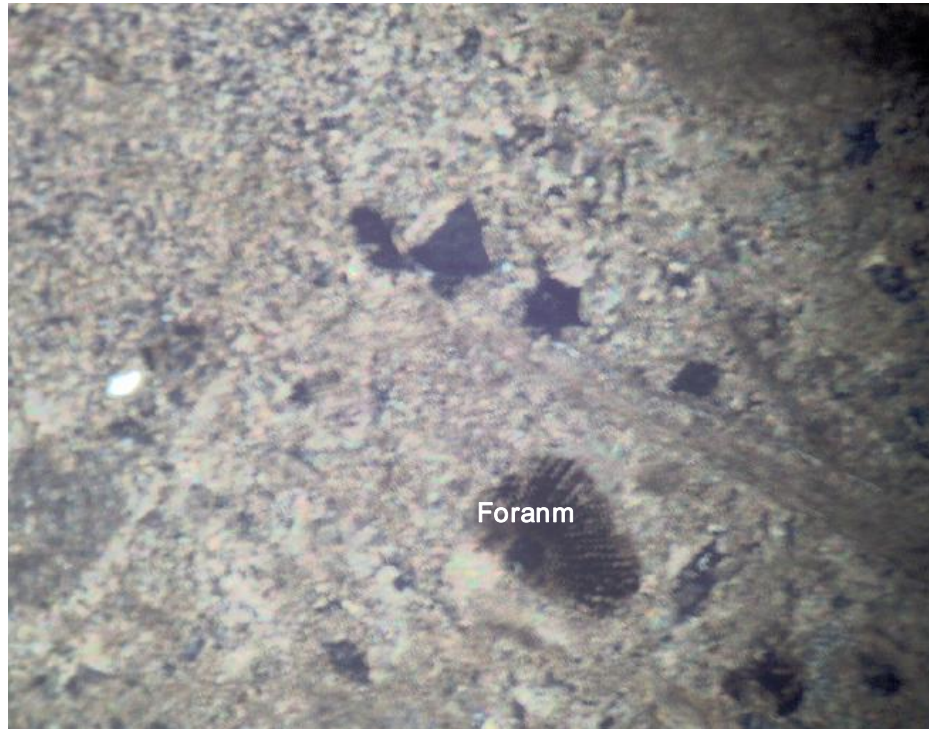


FIGURA 62. Sección delgada de la muestra EC96044001. Aumento 10X. En nicóles cruzados (NC). La cual corresponde a un Packstone con bióclastos conformados por conchillas, fragmentos de conchillas, oolitos, pellets y forams.

Las muestras del Cretácico en la plancha son reducidas debido a la disposición de los afloramientos. Las muestras fueron recolectadas por la vía que conduce de la población de Monterrey hacia la población de Pozo Azul y hacia el NW de Monterrey, sobre la Unidad Rosablanca-Paja.

La Muestra EC96044001 representa la parte basal de esta Unidad al estar muy cerca de la zona de contacto con la UVN, esta sección corresponde entonces a un packstone con fragmentos de conchillas de bivalvos, ostreidos, oolitos, pellets y forams, recristalizados a calcita. Además de fragmentos líticos como cuarzo y carbonato microcristalino (FIGURA 63).

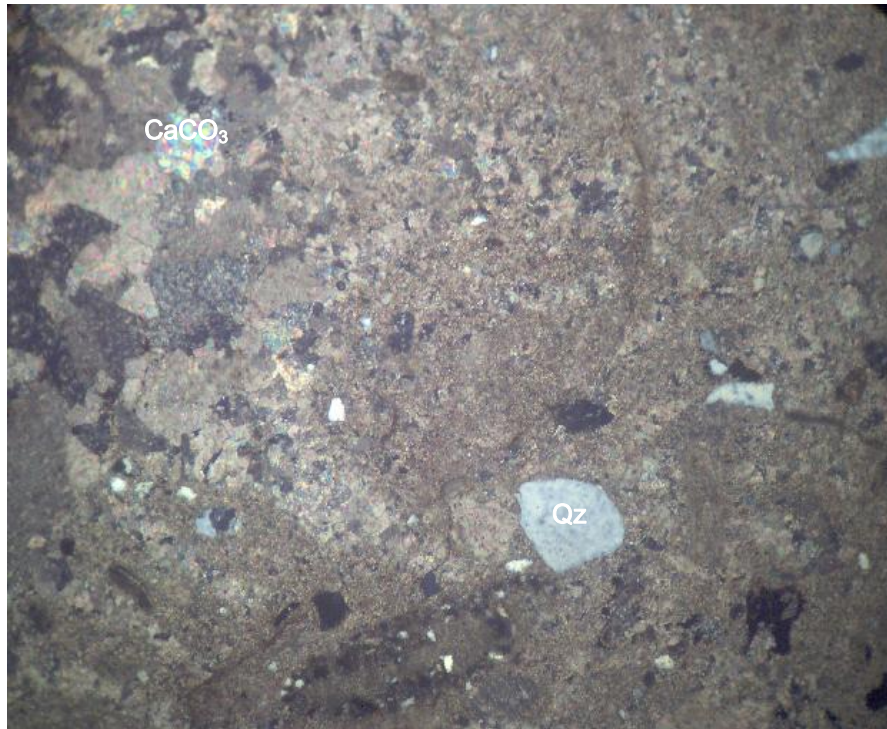


FIGURA 63. Sección delgada de la muestra EC96044001. Aumento 10X. En nicols cruzados (NC). Aumento 10X. La cual corresponde a un packstone que contiene bióclastos y fragmentos líticos como cuarzo y también carbonato microcristalino.

La muestra LM96001001 esta localizada hacia el tope de esta Unidad, al Norte de la población de Monterrey en el sector central de la plancha y corresponde a un Mudstone con abundante proporción de Oolitos de variados tamaños recristalizados a carbonato de calcio, los cuales se observan orientados en la misma dirección de la laminación y con fragmentos líticos microcristalinos; con laminación muy fina, en donde se concentran materiales líticos tales como cuarzo y feldespatos, la matriz presenta un bajo contenido de material calcáreo, pero un alto contenido de materia orgánica (FIGURA 64).

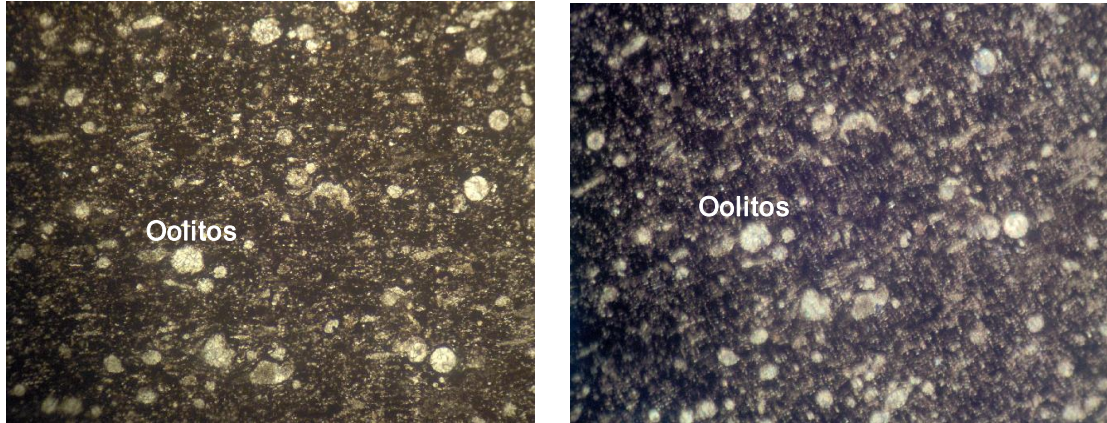


FIGURA 64. Sección delgada de la muestra LM96001001. Aumento 10X. Derecha NC, izquierda NP, aumento 4X. Mudstone, con abundante presencia de oolitos recristalizados a calcita orientados en dirección de la laminación, dentro de una matriz constituida por materia orgánica principalmente y en menor proporción por carbonato de calcio.

Basados en la descripción microscópica de las secciones se puede definir que el Cretácico representado por la Unidad Rosablanca-Paja en la zona de estudio corresponde a rocas sedimentarias de afinidad calcárea, con calizas de tipo Packstone en su parte basal, en el contacto al oeste con la UVN y calizas de tipo Mudstone con aportes líticos y cantidades considerables de materia orgánica más hacia el tope.



5.7. MODELO PRELIMINAR DE EVOLUCIÓN GEOLÓGICA

Como resultado del levantamiento de campo, el análisis de los datos estructurales, elementos morfotectónicos y estratigráficos de las unidades geológicas presentes en el área (plancha 96-I-C), proponemos el presente modelo preliminar de evolución de la Serranía de San Lucas, es importante resaltar que se trata de un modelo preliminar y que faltarían estudios para confirmar o descartar las ideas aquí expuestas.

5.7.1. Modelo preliminar de evolución. Los diferentes eventos geológicos que afectaron a la serranía de San Lucas están directamente relacionados a la tectónica de placas, produciendo dos fases tectónicas distintas: una distensiva acaecida en el Mesozoico Temprano (Jurásico Temprano) y otra compresiva ocurrida en el Cenozoico (Terciario Temprano-Reciente).

FASE DISTENSIVA

Triásico-Jurásico. A finales del Triásico y comienzos del Jurásico, se inicia el proceso de ruptura de Pangea, mediante un proceso de riftogénesis intercontinental, cuyas ramificaciones afectan gran parte del Cratón Suramericano en forma de aulacógenos, grabens y cuencas de tracción. En esta época estaba activa la zona de subducción del Pacífico andino (Windley, 1984).

En lo que hoy es el área de trabajo (Valle Medio del Magdalena), el proceso de distensión se inicia a principios del Jurásico (Maze, 1984; Macia *et al.*, 1985; Mojica y Herrera, 1986; Estrada, 1972), empieza a hundirse en bloques escalonados por fallamiento normal que forma el graben primario.

La distensión continúa, siguiendo un patrón en zig-zag producido por el fallamiento normal a ambos lados y por el desplazamiento lateral en los bloques fallados (Clavijo, 1996). Se forman entonces dos sistemas de fallas,



uno principal N-NE y otro subordinado SE-NW que lo desplaza. El fallamiento controla la aparición de volcanismo andesítico y cuerpos intrusivos granodioríticos.

Posteriormente, se da paso a una sedimentación fluviolacustre. Con el hundimiento y ensanchamiento del graben, se produce un volcanismo, ácido continental, efusivo, extrusivo y explosivo que culmina con inyecciones de silos y diques de composición básica evidenciada en la zona por la Unidad Volcanoclástica de Noreán (J1-2n). A finales del Jurásico medio el volcanismo entra en una etapa de declinación, acompañada de la intrusión de una nueva generación de cuerpos granodioríticos.

Finijurásico-Cretácico. Durante el Jurásico tardío y Cretácico temprano se suceden eventos epirogénicos que levantan los bloques limítrofes de la cuenca y hacen que el hundimiento del graben se acelere. El graben ahora ha alcanzado su anchura máxima y está limitado por las fallas de Palestina al Occidente y la falla de Bucaramanga al Este. Como resultado de esta descompensación (ascenso-descenso) se forman abanicos aluviales de mayor o menor extensión como son los que constituyen la procesos erosivos experimentados por este, proceso que nos permiten explicar la presencia de la Unidad Conglomerática de Arenal (J3a). Que presenta en sus facies registros de actividad volcánica Terminal (AM96001, AM96002, AM960003001 y AM96004), presentando imbricación y algunas estructuras (sedimentarias internas) que indican migración de un sistema de abanicos con dirección sureste, la presencia de potentes cuerpos de arcillas estratificadas al este y sureste de la zona de estudio, indican depositación del sedimento en un área profunda, argumentos que favorecen la localización del depocentro en esta región.

En el Cretácico temprano, después de un período de interrupción de la sedimentación, se continúa la subsidencia por el mismo mecanismo de distensión. La gran trasgresión del mar cretácico irrumpe en el área en el



Barremiano y se continúa hasta el Maastrichtiano depositando los sedimentos hoy constituyentes de las Unidad Rosablanca–Paja (K1rK1p) y de la Unidad Tablazo–Simiti (K1tK2s).

FASE COMPRESIVA

Terciario. Los sedimentos terciarios del Valle Medio del Magdalena se depositaron en una cuenca continental que se extendió desde la Cordillera Central hasta la Cordillera Oriental. Las principales fuentes de sedimentos fueron probablemente los márgenes del área, pero levantamientos locales pudieron ser fuentes adicionales. Las discordancias en la base del Eoceno Superior y en el Mioceno Superior en el Valle Medio del Magdalena indican períodos contemporáneos de actividad tectónica (Ujueta, 1992).

Durante el Mioceno Plioceno se continúa el levantamiento de la Cordillera Oriental; levantándose los bloques de San Lucas al occidente del Valle Medio del Magdalena generando una fase transtensiva esto se evidenció al sursureste de la zona de estudio por desplazamientos relativos de las Unidades Terciarias y Cretácicas cartografiadas, observaciones preliminares que permitieron establecer la presencia de una estructura transcurrente de tipo dextral normal, el basculamiento y rotación hacia el sursureste de este bloque, permitió el sobre espesamiento de las Vulcanitas del sector de las Brisas y la Formación Real; el levantamiento por compensación isostática al oeste y nornoroeste de la Unidad Volcanoclástica de Noreán (J1-2n), (Clavijo 1995), evidenciado por el patrón de diaclasamiento registrado en esta unidad y el cual revela una constante exhumación del macizo rocoso en la zona de estudio.

Durante el Mioceno medio a tardío se presenta una fase de compresión más intensa; como consecuencia de esto las paleófallas normales profundas, formadas en la fase distensiva, son reactivadas como fallas inversas respondiendo a un esfuerzo de dirección E-W. En el Mioceno tardío-Plioceno-Pleistoceno se deposita la secuencia Unidad Real–Mesa (N1mN1-2r), y finalmente, los depósitos recientes.



6. CONCLUSIONES

El estudio cartográfico geológico a escala 1:25000 de la plancha 96-I-C, permitió identificar las siguientes unidades de roca (registro que abarca desde el Jurásico al Cuaternario): a) Unidad Volcanoclástica de Noreán (J1-2n), compuesta mayoritariamente por materiales volcanoclásticos, terrígenos y siliciclásticos exclusivamente de ambiente continental; b) Unidad Conglomerática de Arenal (J3a), compuesta principalmente por areniscas y areniscas conglomeráticas; c) Unidad Rosablanca-Paja (K1r K1p), compuesta por calizas esparíticas y micríticas con abundante contenido fósil con concreciones micríticas y hacia el tope lodolitas grises oscuras muy físilas; d) Unidad Tablazo-Simití (K1t K2s), que corresponde a una alternancia de arcillolitas negras, arenisca calcárea bioclástica, lodolita shale negra carbonosa con concreciones de amonites y caliza tipo micrita gris oscura; y e) la Unidad Real-Mesa (N1m N1-2r), compuesta por sedimentos gravosos y arenos-arcillosos, poco consolidados.

El análisis del área mediante sensores remotos y control de campo, permitió definir un sistema de fallas en sentido NNE, la Falla Sinistral de la quebrada Santo Domingo y el Lineamiento del río Boque. Todos estos asociados al sistema de Flor positiva constituido por las Fallas Simití y Las Brisas

Desde el punto de vista geomorfológico, en el área de estudio se caracterizaron cuatro zonas geomorfológicas bien definidas, una al oeste desarrollada en rocas de la UVN, otra un poco menos al oeste en rocas de la Unidad Conglomerática de Arenal, seguida de otra en la región central de la plancha sobre las rocas Cretácicas, y por último la zona geomorfológica correspondiente a los depósitos de la Unidad Real-Mesa.



Desde el punto de vista petrográfico, se pudo establecer que las muestras recolectadas de la Unidad Volcanoclástica de Noreán (J1-2n), corresponden a intercalaciones de lavas riolíticas, riodacíticas y dacíticas, constituidas principalmente por fenocristales de feldespato potásico (ortoclasa), en algunos lugares con mayor presencia de fragmentos líticos. Para la Unidad Conglomerática de Arenal (J3a), la muestra analizada corresponde a una arenisca cuarzo feldespática tipo arcosa de tamaño de grano fino. En cuanto a las muestras analizadas de la Unidad Rosablanca-Paja (K1r K1p), corresponden a rocas sedimentarias de afinidad calcárea, con calizas de tipo packstone en su parte basal, en el contacto al oeste con la UVN y mudstones con aportes líticos más hacia el tope.

En general, el estilo de deformación y el registro litoestratigráfico, apuntan a dos fases tectónicas importantes en la evolución del área: una de tipo distensivo, donde se presenta formación de fallas normales que limitan bloques que se hunden en forma de zig-zag y responsable de la acumulación de las rocas Jurásicas de afinidad volcánica y sobre estas las rocas Cretácicas de afinidad marina en una cuenca de tipo graben y otra fase compresiva que inicia a principios del Paleoceno hasta el presente responsable de la inversión de las antiguas fallas normales y depositación de la secuencia Terciaria y Cuaternaria de afinidad continental.



RECOMENDACIONES

Considerando las labores realizadas en campo como lo fue el cubrimiento detallado de una de las zonas del País de la cual no se tenía cubrimiento geológico hasta hoy, nos permitimos proponer las siguientes recomendaciones para un mejor aprovechamiento de la información obtenida y de las muestras recolectadas.

Las rocas de la Unidad Volcanoclástica de Noreán representan una variada litología, lo cual fue claramente observado en nuestro trabajo de campo, por ende el estudio detallado de estas rocas representarían un gran aporte al conocimiento geológico de la Serranía de San Lucas, zona que hoy en día apenas estamos comenzado a conocer. Además sería de gran importancia dicho estudio, ante las probables riquezas auríferas que estas rocas representan durante los procesos mineralizantes.

Un aspecto importante en cuanto al trabajo realizado, fue la dificultad de identificar, debido a las variaciones faciales que presentaron las Formaciones Rosablanca, Paja, Tablazo y Simití, debido a la escasez de los afloramientos con fauna fósil representativa, aspecto que dificulta establecer sus contactos con certeza. Por lo tanto recomendamos ya que sería de gran utilidad un estudio detallado de la fauna fósil recolectada, para una mejor caracterización de dichas unidades.

Por ultimo, dado el gran interés y la importancia que representan las rocas del Terciario, proponemos para estas un mayor estudio a los ambientes de depositación y sus relaciones con los eventos volcánicos.



BIBLIOGRAFÍA

- Aluja, J.; Vargas, J. M. (1980). Informe geológico-radiométrico de la Serranía de San Lucas. IAN. *Informe 105*, 28 p. Bogotá.
- Anderson, J. L. (1945). Petroleum Geology of Colombia South America. *Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull.* V. 29, no. 8, pp.1065-1142.
- Ballesteros, C. I. (1983). Mapa geológico generalizado del Departamento de Bolívar. Escala 1:500.000. INGEOMINAS. Bogotá.
- Barrero, D. (2001). Material de Curso "Tectonostratigraphic sequences of Colombia. Origin and evolution of sedimentary basin". Preparado para INGEOMINAS.
- Bogotá J.; Aluja, J. (1981). Geología de la Serranía de San Lucas. *Geología Norandina*, v. 4. Bogotá.
- Butler, R. (1982). The terminology of structures in thrust belts. *Journal of Structural Geology*, 4 (3).
- Cediél, F. (1968). El Grupo Girón, una molasa mesozoica de la Cordillera Oriental. Servicio Geológico Nacional. *Boletín Geológico*, 16 (1-3): 5-96. Bogotá.
- Cediél F., Cáceres, C. (1988). Mapa geológico de Colombia. Geotec. Bogotá.
- Cediél F., *et al.* (1981). Las formaciones Luisa, Payandé y Saldaña, sus columnas estratigráficas características. *Geología Norandina*, 3, mayo, 1981. Bogotá.
- Clavijo, J. (1996). Mapa geológico de Colombia, Plancha 75 – Aguachica. Ingeominas. Memoria explicativa, pp. 1-48. Bucaramanga.
- Clavijo, J. (1992). Mapa geológico generalizado del Departamento de Norte de Santander, geología, recursos minerales y amenazas geológicas. Ingeominas. Memoria explicativa, pp. 1-66. Bucaramanga.
- Clavijo, J. (1996). Mapa geológico de la plancha 75, Aguachica. Ingeominas. Bucaramanga.
- Caney, P., *et al.* (1980). Cordilleran suspect terranes. *Nature*, 288.



- Corporación Autónoma Regional del Sur de Bolívar - CSB
<http://www.carcsb.galeon.com>
- Daconte, R., Salinas, R. (1980). Geología de las Planchas 66 Miraflores y 76 Ocaña. Ingeominas. *Informe 1844*. 105 p. Bogotá.
- Dickey, P. A. (1941). Pre-Cretaceous sediments in Cordillera Oriental of Colombia. *AA.P.G. Bull.*, 29: 1789-1785.
- Duque-Caro, H. (1980). Geotectónica y evolución de la región noroccidental colombiana. Ingeominas. *Bol. Geol.*, 23(3): 4-37. Bogotá.
- Estrada, A. (1972). Geology and plate tectonics history of the Colombian Andes. *thesis MSc. (inédito)*, .115p. Stanford University.
- Etayo, F. *et al.* (1969). Contornos sucesivos del mar cretácico en Colombia. Primer Congreso Colombiano de Geología. Memoria, pp. 217 - 252. Bogotá.
- Feininger, T. (1972). Geología de parte de los departamentos de Antioquia y Caldas (subzona IIB). INGEOMINAS. *Bol. Geol.*, 20 (2): 1-173. Bogotá.
- Fischer R., Scminke, H. U. (1984). Pyroclastic rocks. Springer-Verlag. Berlín.
- Folk, T. (1974). Petrology of sedimentary rocks. University of Texas.
- Gallaoy, W., Hobday, D. (1983). Terrigenous clastic depositional systems. Springer-Verlag. New york.
- Galvis, J., de la Espriella, R. (1992). Vulcanismo Terciario al Sur de la Isla de Mompo (Parte Nororiental de la Serranía de San Lucas). *Revista de la academia Colombiana de ciencias exactas, físicas y naturales*. Vol XVIII. No 70, pp. 359-367. Bogotá.
- García, C. A. (1997). Manual de laboratorio de petrología metamórfica. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga.
- García, C. A. (1997). Manual de laboratorio de petrología ígnea. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga.



- Garner, S. H. (1926). Suggested nomenclature and correlation of the geological formation of Venezuela. *Am. Inst. of Mining Metall. Engineers Trans.*, pp. 677-684.
- Geyer, O. (1969). La Fauna de amonites del perfil típico de la Formación Morrocoyal. *Memoria Primer Congreso Colombiano de Geología*. pp. 111-134. Bogotá.
- Herrera, L. F., *et al.* (2001). Evolution ambiental de la depresión momposina desde el Pleistoceno tardío a los paisajes actuales. *Geología Colombiana*. No. 26. pp.95-121. Bogotá.
- Hettner, A. (1892). Die kordillere van Bogotá. Gotha, Patermans Mitteil., Bd. 22, Ergänzungsheft 104, 131p.
- Hedberg, H. D., Saas, L. C. (1937). Synopsis of the Geologic Formations of the western part of the Maracaibo Basin, Venezuela. *Bol. Geol. Min.* t. 1, no. 2-4. pp. 71-112.
- Hubach, E. (1957). Contribución a las unidades estratigráficas de Colombia. Servicio Geológico Nacional. *Informe 1212*, 166 p. Bogotá.
- IDEAM. (2001). Página web <http://www.ideam.gov.co>
- Juliver, M. (1968). Lexique Stratigraphique International Amerique Latine Colombia (Premiere Partie). *Centre Nat. Res. Scient.*, 5(43): 1-651. París.
- Kassem, T., Arango, J. L. (1977). Mapa fotogeológico de la Serranía de San Lucas. Escala 1:500.000. INGEOMINAS. Bogotá.
- Leush, Y., Lambert, A., Bogotá, J. (1980). Zona San Lucas-Reconocimiento Geológico Preliminar. Anexo Fotográfico. *Informe No. 080 (Inédito)*. IAN
- Macia, C., Mojica, J. (1981). Nuevos puntos de vista sobre el magmatismo Triásico Superior (Fm. Saldaña), Valle Superior del Magdalena, Colombia. *Zb 1. Geol. Paleontol., Teil Y(3/4)*. Stuttgart.
- Macia, C., *et al.* (1985). Consideraciones sobre la importancia de la paleogeografía de las áreas de aporte pre-Cretácicas en la prospección de hidrocarburos en el Valle Superior del Magdalena, Colombia. Universidad Nacional de Colombia. *Geología Colombiana*, 14:49-70. Bogotá.
- Martínez, A. (1981). Subsistencia y geomorfología de la depresión inundable del río Magdalena. *Revista CIAF*, V. 6 (1-3), pp 319 - 328.



- Maze, W. (1984). Jurassic La Quinta Formation in the Sierra Perijá, northwestern Venezuela: Geology and tectonic environment of red beds and volcanic rocks, in: *BONINI, W. et al (ed). Geological society America Memoir 162.*
- Milanoyski, I. (1983). Riftogenez v istori zemli (Riftogénesis en la historia de la tierra). Editorial Niedra. Moscú.
- MINERCOL. (1993). Aporte 1237. Ingeominas. *Informe Interno.*
- Mújica, J., Macia, C. (1981). Características estratigráficas y edad de la Formación Yaví, Mesozoico de la región entre Prado y Dolores, Tolima, Colombia. Universidad Nacional de Colombia. *Geología Colombiana*, 12: 7-32. Bogotá.
- Mojica, J., Lunas, R. (1984). Observaciones recientes sobre las características del basamento económico del Valle Superior del Magdalena en la región de Payandé-Rovira (Tolima, Colombia), y en especial sobre la estratigrafía y petrografía del Miembro Chicalá (parte baja de la Formación Saldaña). Universidad Nacional de Colombia. *Geología Colombiana*. 13:81-128.
- Mojica, J., Herrera, A., (1986). Estratigrafía, facies y direcciones de aportes de la Formación Luisa en la región de Rovira (Tolima). Universidad Nacional de Colombia. *Geología Colombiana*, 15:65-80. Bogotá.
- Mojica, J., Franco, R. (1992). Estructura y evolución tectónica del Valle Medio y Superior del Magdalena. Universidad Nacional de Colombia. *Geología Colombiana*, correspondiente a 1990, 17:41-64. Bogotá.
- Morales, L. G. *et al.* (1958). General Geology and oil occurrences of the Middle Magdalena valley, Colombia. In habitat of oil symposium. *Am. Assoc Petr. Geol*, pp. 641-695. Tulsa.
- Notestein, F., Hubman, C., Bowler, J. (1944). Geology of the Barco Concession, Republic of Colombia, South America. *Bulletin Geological Society of America*. Volumen 55, p.1165-1216. New York.
- Osorio, L., Orozco, L. (2004). Definición de provincias sismotectónicas y bloques de deformación actual para Colombia. *INGEOMINAS. Informe Interno.*
- Pagina de imágenes de la NASA.
<http://zulu.ssc.nasa.gov>



- Petters, V. (1954). Tertiary and Upper Cretaceous Foraminifera from Colombia. *Cushman Found. Foram. Research. Contr.* V parte. Pp. 37-41.
- Programa Desarrollo para el Magdalena Medio.
<http://www.pdpmm.org.co/>
- Reading, H. (1981). Sedimentary environments and facies. Elsevier publishers. New York.
- Remy, W. *et al.* (1975). Neuinstufung der Bocas- Folge (Bucaramanga, Kolumbien) In den Unteren Jura Anhand Einer Phlebopteris Branneri und Classopollis - Flora. *Argumenta paleobotánica*, 4: 55-77. Munster.
- Restrepo, J. J., Toussainte, J. F. (1989). Terrenos alóctonos en los Andes Colombianos: Explicación de algunas paradojas geológicas. Quinto *Congreso Colombiano de Geología. Memoria*, pp.92-107. Bucaramanga.
- Ríos, C.; Castellanos, O. (2005). Atlas de minerales vistos bajo el microscopio de luz transmitida. Ediciones UIS.
- Rivera, L., Granados, L. (1981). Morfología fluvial del río Magdalena en el sector "San Pablo - Badillo". *Revista CIAF*, V. 6 (1-3), pp. 487 - 503
- Rodríguez, C. J., Pernet, A. (1983). Recursos Minerales de Antioquia. INGEOMINAS. *Bol. Geol.*, 26 (3): 1-116. Bogotá.
- Royero, J. M. (1997). Mapa geológico de Colombia. Plancha 65 - Tamalameque. Ingeominas. *Memoria explicativa*, pp. 1-53. Bucaramanga
- Royero, J. M. Clavijo, J. (2002). Mapa Geológico del Departamento de Bolívar, Escala 1:400.000. Ingeominas. *Memoria explicativa*, pp. 1-99. Bucaramanga
- Sarria, A. (1989). Riesgo sísmico e ingeniería sismo resistente. *Quinto Congreso Colombiano de Geología*. Bucaramanga.
- Sociedad Kedahda, S. A. Colombia. (2004). Curso de capacitación sobre principios básicos de geología y exploración aurífera. Barranco de Loba-Santa Cruz, Bolívar. Colombia.
- Spring. <http://www.dpi.inpe.br/spring/espanol/index.html>
- Stille, H. (1938). Estudios geológicos en la región del Río Magdalena. Serv. Geol. Nal. *Comp. Est. Geol. Ofic. Col.*, 4:] 25-182. Bogotá. Documento escrito en 1907.



- Taborda, B. (1965). Guidebook to the Geology of Mares Concession. *Col. Soc. of Petrol. Geol. And Geoph.* Bogotá.
- Touissant, J., Restrepo, J. (1976). Modelos orogénicos de tectónica de placas de los Andes colombianos. *Bol. Ciencias de la tierra.* Univ. Nacional. Medellín. p. 1-47.
- Toussaint, J. F., Restrepo, J. J. (1989). Acreciones sucesivas en Colombia: un nuevo modelo de evolución geológica. *Quinto Congreso Colombiano de Geología. Memoria*, pp. 127-146. Bl1caramanga.
- Tschanz, Ch. *et al.* (1969). Geology of the Sierra Nevada de Santa Marta área, Colombia. INGEOMINAS, *informe interno No. 1829.* Bogotá.
- Ujueta, G. (1992). Fotogeología de la parte Central y del Norte del Valle Medio del Magdalena. INGEOMINAS. 67p. Bogotá.
- Vargas, J. M. (1981). Prospección de minerales radiactivos en la Serranía de San Lucas. *IAN. Informe interno.* 61 p. (Inédito). Bogotá.
- Unidad de Planeación Minero Energética-UPME. (2002). Plan Nacional de Desarrollo Minero 2002-2006. República de Colombia. Ministerio de Minas y Energía. 56 p.
- Ward, D. *et al.* (1973). Geología de los cuadrángulos H-12 Bucaramanga y H-13 Pamplona, Departamento de Santander. Ingeominas. *Boletín Geológico*, 21 (1-3) Bogotá.
- Wheeler. (1929). Report on the Palmira Series with notes on stratigraphy of the Umir, Lisama and La Paz formation near of eastern part of the Mares Concession. *Inst. Emp. Col. Petr. (inédito).*
- Weiske, F. (1938). Estudio sobre las condiciones geológicas de la hoya del Río Magdalena. *Comp. Est. Geol. Ofic. Col. Servicio Geológico Nacional*, p. 15-124. Bogotá.
- Windley, B. (1984). The evolving continents. John Wiley and Sons. <http://www.epis.com.co>



*UNIVERSIDAD
INDUSTRIAL DE SANTANDER
UIS*



*INSTITUTO COLOMBIANO
DE GEOLOGIA Y MINERIA
INGEOMINAS*