



**UNIVERSIDAD
INDUSTRIAL DE SANTANDER
UIS**



**INSTITUTO COLOMBIANO
DE GEOLOGIA Y MINERIA
INGEOMINAS**

**ESTUDIO CARTOGRÁFICO GEOLÓGICO PRELIMINAR A ESCALA
1:25.000 DE LA PLANCHA IGAC 85-III-A: SECTOR SANTA ROSA DEL
SUR- SIMITÍ (SERRANÍA DE SAN LUCAS, DEPARTAMENTO DE
BOLÍVAR)**

**GERSON ARIEL NAVA ARDILA
LILIANA ANDREA PAEZ ACUÑA**

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

2006



**ESTUDIO CARTOGRÁFICO GEOLÓGICO PRELIMINAR A ESCALA
1:25.000 DE LA PLANCHA IGAC 85-III-A: SECTOR SANTA ROSA DEL
SUR- SIMITÍ (SERRANÍA DE SAN LUCAS, DEPARTAMENTO DE
BOLÍVAR)**

GERSON ARIEL NAVA ARDILA

LILIANA ANDREA PAEZ ACUÑA

**Proyecto de Grado presentado como requisito parcial para optar el
título de Geólogos**

Director:

Ph. D. LUIS CARLOS MANTILLA FIGUEROA

Codirector:

M. Sc. JORGE EDUARDO PINTO VALDERRAMA

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICO-QUÍMICAS

ESCUELA DE GEOLOGÍA

BUCARAMANGA

2006



Dedico este producto a DIOS y le doy gracias a Él por su protección durante el proyecto y el sentir tranquilidad por el deber cumplido. A mis padres y a mi bella familia.

Gerson.

Dedico este trabajo a Dios que con su fuerza divina me ha acompañado siempre y me ha llenado de paz en los momentos más difíciles; a mis padres que se han convertido en mis mentores y en el apoyo incondicional necesario para la realización de todas mis metas y el crecimiento personal de cada día; a mis hermanas Sandra, Yoly y María Alejandra que con su amor, complicidad y comprensión han llenado mi vida de grandes momentos; a mis abuelos, tíos y primos por su cariño y compañía; y a mis amigos por su amistad incondicional y apoyo emocional.

Liliana.



AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a nuestros padres por su continuo apoyo en esta etapa de nuestra formación personal y profesional, de igual forma a nuestras familias y amigos por sus constantes palabras de aliento. Agradecemos a nuestro Director de Proyecto de Grado Luís Carlos Mantilla Figueroa que con su enseñanza y profesionalismo se convirtió en el guía y consejero durante el desarrollo de este proyecto. Al codirector del Proyecto Jorge Eduardo Pinto Valderrama, por su ayuda incondicional, sus conceptos críticos y su compañerismo que sirvieron de estímulo para mejorar y estar preparados para dar siempre un paso adelante en nuestra carrera profesional; al Profesor Jairo Clavijo Torres por su enseñanza técnica, su colaboración y su humildad para estar siempre dispuesto a aportarnos conocimientos y compartir su experiencia profesional.

Agradecemos de igual manera a todo el Grupo de funcionarios de INGEOMINAS y de la UIS, cuyo trabajo sirvió como aporte importante para la realización de este trabajo; a la Escuela de Geología y a su sede en Guatiguará, por el préstamo de salones y laboratorios de estereoscopia y microscopia utilizados para el desarrollo del proyecto. Damos gracias también al Geólogo Jairo Alonso Osorio, por su experiencia e importante aporte en el campo de la geología estructural. A los trabajadores Ariel y Giovanny, que nos ayudaron como guías en los recorridos durante el trabajo de campo.

Queremos también agradecer a las autoridades de las Poblaciones de Santa Rosa del Sur y Simití por brindarnos la seguridad necesaria para la realización del proyecto y a los habitantes por acogernos con amabilidad y solidaridad durante el tiempo que estuvimos en campo.

Los Autores.



CONTENIDO

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS	2
2. METODOLOGÍA.	3
2.1. FASE PRE-CAMPO	3
2.1.1. Recopilación y Revisión de la Información	3
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	5
2.3. FASE DE LABORATORIO	6
2.3.1. Descripción Macroscópica de Muestras	6
2.3.2. Elaboración y Descripción Petrográfica de Muestras	6
2.4. FASE DE INTERPRETACIÓN DE DATOS	7
2.5. ELABORACIÓN DEL INFORME FINAL	7
3. GENERALIDADES DEL ÁREA DE TRABAJO.	8
3.1. LOCALIZACIÓN.	8
3.2. VÍAS DE ACCESO.	9
3.3. CLIMA, VEGETACIÓN Y RECURSO HÍDRICO.	9
3.4. SITUACIÓN SOCIAL.	10
4. ANTECEDENTES.	12
4.1 ESTADO DEL CONOCIMIENTO GEOLÓGICO	12



4.2 GEOLOGÍA REGIONAL	18
5. RESULTADOS	23
5.1. SENSORES REMOTOS Y FOTOGEOLOGÍA.	23
5.1.1 Consideraciones Preliminares	23
5.1.1.1. Unidad Volcanoclástica de Noreán (Jn)	26
5.1.1.2. Unidad Rosablanca-Paja (Kirp)	27
5.1.1.3. Unidad Tablazo-Simití (Kmts)	27
5.1.1.4. Cuaternario Fluvioacustre (Q-af)	28
5.1.1.5. Cuaternario Aluvial (Qal)	28
5.1.1.6. Diques Naturales en la Llanura de Inundación (Q-adnlli)	29
5.1.1.7. Depósitos de Coluvión (Qco)	29
5.2. GEOMORFOLOGÍA	30
5.2.1 Consideraciones Preliminares	30
5.2.1.1. Unidad Volcanoclástica de Noreán	31
5.2.1.2. Unidad Rosablanca-Paja	36
5.2.1.3. Cuaternario	40
5.3. ESTRATIGRAFÍA.	43
5.3.1. Consideraciones Preliminares.	43
5.3.1.1. Jurásico	44
5.3.1.1.1. Unidad Volcanoclástica de Noreán (J1-2n)	44
5.3.1.2. Cretácico.	58
5.3.1.2.1. Unidad Rosablanca-Paja. (K1r K1p)	58
5.3.1.3. Terciario.	65
5.3.1.3.1 Unidad Extrusiva de las Brisas. (K2N1lb).	65
5.3.1.4. Cuaternario.	69



5.3.1.4.1 Depósitos de Llanura de Inundación (Qfal)	69
5.3.1.4.2 Depósitos Fluviolacustres (Qfl)	70
5.4. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL	72
5.4.1 Consideraciones preliminares.	74
5.4.1.1. Falla las Brisas.	75
5.4.1.2. Falla de Simití.	78
5.4.1.3. Falla de Santa Rosa	81
5.4.1.4. Falla de San Blas.	82
5.5 PETROGRÁFICA DE ROCAS	88
5.5.1. Consideraciones Preliminares.	88
5.5.1.1 Rocas Jurásicas.	89
5.5.1.2 Rocas Cretácicas.	98
5.6 MODELO DE EVOLUCIÓN GEOLÓGICA	100
CONCLUSIONES	104
RECOMENDACIONES	107
BIBLIOGRAFÍA	109



LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Mapa Fotogeológico. Escala: 1:25.000.

Anexo 2. Mapa Geológico. Escala: 1:25.000

Anexo 3. Columna Estratigráfica Generalizada. Escala 1:25.000.

Anexo 4. Catálogo de Libretas de Campo.

Anexo 5. Catálogo de Muestras de Roca.

Anexo 6. Catálogo de Petrografía de Secciones Delgadas.



LISTA DE FIGURAS

	Pág.
FIGURA 1. Localización geográfica del área de estudio.	8
FIGURA 2. Esquema modificado del mapa fotogeológico de Bogota y Aluja (1981).	22
FIGURA 3. Integración de la interpretación fotogeológica y satelital.	25
FIGURA 4. Imagen del Mapa fotogeológico definitivo a escala 1:25000 para el área de estudio.	26
FIGURA 5. Lavas riolíticas de la unidad Volcanoclástica de Noreán controlando el cauce principal de la quebrada Platanal.	31
FIGURA 6. Estructuras dómicas que bordean el valle de Caracolí en la Unidad Volcánica de las Brisas.	32
FIGURA 7. Morfologías de las fases intrusivas y extrusivas en la Unidad Extrusiva de las Brisas.	33
FIGURA 8. Geformas de la Unidad Volcanoclástica de Noreán cerca de la zona de influencia de la Falla Las Brisas.	34
FIGURA 9. Dirección NE del cauce principal de la Quebrada Platanal.	35
FIGURA 10. Escarpes verticales en la Unidad Rosablanca-Paja.	37
FIGURA 11. Contacto fallado entre rocas de la Unidad Volcanoclástica de Noreán y rocas Cretácicas.	38
FIGURA 12. Contraste morfológico entre rocas Jurásicas y Cretácicas.	39



FIGURA 13. Colinas suaves formadas en la zona del piedemonte por la Unidad Volcanoclástica de Noreán.	40
FIGURA 14. Expresión morfológica de rocas Jurásicas, Cretácicas y depósitos del Cuaternario.	41
FIGURA 15. Resumen de las unidades Geomorfológicas encontradas en la plancha 85-III-A de la Serranía de San Lucas.	42
FIGURA 16. Panorámica tomada hacia el este de la plancha en el carreteable que se une con la vía Las Brisas-Santa Rosa del Sur.	46
FIGURA 17. Panorámica tomada hacia el este de la plancha en el carreteable paralelo al cauce de la Quebrada Jujamal.	47
FIGURA 18. Contacto entre rocas efusivas y rocas epiclásticas de la Unidad Volcanoclástica de las Brisas.	49
FIGURA 19. Brecha Volcánica localizada en un afluente de la Quebrada Platanal.	50
FIGURA 20. Afloramiento de tobas riolíticas de la Unidad Volcanoclástica de Noreán.	51
FIGURA 21. Afloramiento localizado en el km 2 de la Vía Simití-Santa Rosa del Sur.	53
FIGURA 22. Afloramiento localizado entre el Km 3-4 de la Vía Simití-Santa Rosa.	53
FIGURA 23. Afloramiento localizado a 10 m del Km 10 en la vía Simití-Santa Rosa.	54
FIGURA 24. Panorámica tomada hacia el noreste de la plancha en cercanías a la Quebrada Diego Felipe.	56
FIGURA 25. Panorámica tomada hacia el suroeste de la Ciénaga de Simití.	60



FIGURA 26. Afloramiento ubicado en la Quebrada Diego Felipe, frente a la Ciénaga de Simití.	61
FIGURA 27. Afloramiento a detalle localizado en la vía Simití-Santa Rosa.	61
FIGURA 28. Afloramiento localizado más adelante del Km 10 por la vía Simití-Santa Rosa.	63
FIGURA 29. Panorámica tomada en el Sector de Las Brisas de la geomorfología característica de la Unidad Extrusiva de Las Brisas.	65
FIGURA 30. Domo Granítico de la Unidad Extrusiva de Las Brisas disectado por la Quebrada La Fría.	66
FIGURA 31. Fotografía tomada de NW a SE de la morfología del borde norte de una caldera correspondiente a la Unidad Extrusiva de Las Brisas.	67
FIGURA 32. Panorámica tomada a las rocas de la Unidad Extrusiva de Las Brisas (sector de Las Brisas).	68
FIGURA 33. Fotografía tomada de NW a SE, en el Alto de la Y (sector de Las Brisas).	68
FIGURA 34. Fotografía tomada hacia el SE de la plancha de los depósitos fluviolacustres formados en los alrededores de la Ciénaga de Simití.	71
FIGURA 35. Estructura transpresiva de la Serranía de San Lucas asociada a la Falla Palestina. Modificado de Barrero (2001).	72
FIGURA 36. Modelo idealizado de una estructura en flor positiva de componente dextral	74



- FIGURA 37.** Tomada de NE a SW. Aspectos morfológicos del desplazamiento del relieve en componente dextral asociados a la falla Las Brisas. 76
- FIGURA 38.** Fotografía tomada de NW a SE desde el Cerro la Unión en el Sector de Las Brisas. 76
- FIGURA 39.** Deformación cataclástica en el bloque colgante muy cerca de la zona de cizalla principal de la Falla las Brisas. 77
- FIGURA 40.** Lavas riolíticas de la Unidad Volcanoclástica de Noreán con alto grado de fracturamiento. 77
- FIGURA 41.** Vista al Sur. Morfología del contacto fallado de la Unidad Volcanoclástica de Noreán a la derecha y la secuencia calcárea Cretácica a la izquierda. 78
- FIGURA 42.** Modelo idealizado de cómo en un sistema de Flor Positiva la Unidad Volcanoclástica de Noreán actúa como bloque colgante sobre la formación Rosablanca-Paja (Bloque hundido). 79
- FIGURA 43.** Falla normal que corta la Unidad Volcanoclástica de Noreán en el bloque colgante de la falla Simití. 80
- FIGURA 44.** Vista E a W Control rectilíneo de aspectos del relieve y el drenaje asociados a la falla San Blas. 82
- FIGURA 45.** Morfología de escarpes de caras opuestas asociados al trazo sobre depósitos cuaternarios de la Falla San Blas. 83
- FIGURA 46.** Depósitos Cuaternarios (Q) enfrentados a rocas basales de la Unidad Volcanoclástica de Noreán (J1-2n). 84
- FIGURA 47.** Salto de 1.5 m del bloque norte de la falla San Blas que afecta el río Inanea. 84



FIGURA 48. Esquema estructural de la geometría de la flor positiva del sistema las Brisas.	86
FIGURA 49. Evolución de la rotación flexural del Valle del Magdalena.	87
FIGURA 50. Localización geográfica de las muestras para sección delgada.	89
FIGURA 51. Sección delgada de la muestra JP85016-002.	90
FIGURA 52. Sección delgada de la muestra LP85070-001.	91
FIGURA 53. Sección delgada de la muestra RF85084-001.	92
FIGURA 54. Sección delgada de la muestra IQ85107-001.	93
FIGURA 55. Sección delgada de la muestra JC85141-001.	94
FIGURA 56. Sección delgada de la muestra JC85142-002.	95
FIGURA 57. Sección delgada de la muestra VC85029-001.	96
FIGURA 58. Sección delgada de la muestra VC85056-001.	97
FIGURA 59. Sección delgada de la muestra IQ85155-001.	98
FIGURA 60. Sección delgada de la muestra LP85084-001.	99



RESUMEN

TITULO: ESTUDIO CARTOGRAFICO GEOLÓGICO PRELIMINAR A ESCALA 1:25.000 DE LA PLANCHA IGAC 85-III-A: SECTOR SANTA ROSA DEL SUR-SIMITÍ (SERRANÍA DE SAN LUCAS, DEPARTAMENTO DE BOLÍVAR). *

AUTORES: Gerson Ariel Nava Ardila y Liliana Andrea Páez Acuña. **

PALABRAS CLAVES: Cartografía, Serranía de San Lucas, Jurásico, Cretácico, Terciaria, Depósitos, estilos estructurales.

En el presente estudio se realizó la cartografía a escala 1:25.000 de la Plancha 85-III-A localizada en las estribaciones más orientales de la Serranía de San Lucas. Basados en los análisis de sensores remotos y el reconocimiento de campo se identificaron cinco unidades geológicas: Unidad Volcanoclástica de Noreán del Jurásico Inferior-Medio compuesta por lavas riolíticas, dacíticas y andesíticas; tobas cristalinas, cristalino-líticas y líticas y areniscas, lodolitas tobáceas y brechas volcánicas que se encuentran cortadas por diques riolíticos y andesíticos. La Unidad Rosablanca-Paja del Cretácico Inferior constituida por calizas conglomeráticas, areniscas calcáreas, calizas grainstone, packstone, wackstone y mudstone muy fosilíferas y lodolitas calcáreas y arcillosas no fosilíferas. La Unidad Extrusiva de Las Brisas de edad tentativamente Terciaria (?), compuesta por lavas dacíticas-andesíticas y rocas graníticas con textura fanerítica y porfírica. Dentro de los depósitos más recientes se identificaron Depósitos de Llanura de Inundación constituidos por sedimentos areno-lodosos y Depósitos Fluvioacústres constituidos por lodos y arcillas. La zona se encuentra afectada por dos estilos estructurales con evidencias de neotectónica: Uno en dirección NE de primer orden representado por las fallas Las Brisas, Simití y San Blas y otro en dirección NW de segundo orden formado por la Falla Santa Rosa. En los análisis petrográficos realizados para la Unidad Volcanoclástica de Noreán (UVN) se identificaron en su mayoría lavas riolíticas de textura porfídica y para la Unidad Rosablanca-Paja, calizas mudstone o biomicritas con alto contenido fósil. La evolución geológica del área puede dividirse en una Fase Distensiva ocurrida entre finales del Triásico y finales del Cretácico donde se depositó la UVN durante un evento volcánico explosivo y la Unidad Rosablanca-Paja de afinidad marina en una cuenca tipo graben; y una Fase Compresiva que inicia desde principios del Paleoceno hasta el presente, donde se depositaron la secuencia Terciaria y Cuaternaria de afinidad continental.

* Tesis

** Facultad de Ciencias Físico-Químicas. Escuela de Geología. Director Luis Carlos Mantilla Figueroa



ABSTRACT

TITLE: CARTOGRAPHIC-GEOLOGICAL PRELIMINARY STUDY AT 1:25.000 SCALE OF THE 85-III-A IGAC PLATE: SECTOR SANTA ROSA DEL SUR-SIMITI (SAN LUCAS MOUNTAIN RANGE, DEPARTMENT OF BOLIVAR). *

AUTHORS: Gerson Ariel Nava Ardila and Liliana Andrea Páez Acuña. **

In the present study we realize the cartography at 1:25.000 scale of the 85-III-A Plate located in the most oriental spurs of San Lucas mountain range. Based on the analysis of remote sensors and the field recognition five geological units were identified: Norean Volcanoclastic Unit of Lower - Middle Jurassic composed by rhyolitics, dacitics and andesitics lava; crystalline, crystalline - lithics and lithics tuff and sandstones, mudstones tuff and volcanic breccia that are cut by dikes rhyolitics and andesitics. The Rosablanca-Paja Unit of Lower Cretaceous constituted by conglomeratic limestone, calcareous sandstone, grainstone, packstone, wackstone and mudstone limestones very fossiliferous and calcareous and shaley not fossiliferous mudstone. The Brisas Extrusive Unit of tentatively Tertiary (?) age, composed by dacitics-andesitics lava and granitic rocks with phaneritic and porphyritic texture. Inside the most recent deposits there were identified Flood-plain Deposits constituted by muddy-sand sediments and Fluvioacustrines Deposits constituted by muds and clays. The zone is affected by two structural styles with evidences of neotectonic: One in direction NE of the first order represented by The Brisas, Simití and San Blas faults and other one in direction NW of the second order formed by the Santa Rosa Fault. In the petrographics analysis realized for the Norean Volcanoclastic Unit (NVU) was identified in the main rhyolitics lava of porphyritic texture and for the Rosablanca-Paja Unit was identified mudstones limestone or biomicrites with contained high fossil. The geological evolution of the area can be divided in a Distensive Phase that happened between Late Triassic and Late Cretaceous where the NVU was deposited during a volcanic explosive event and the Rosablanca-Paja Unit of marine affinity in a basin graben type; and a Compressive Phase that initiates from principles of the Paleocene up to the present, where they deposited the Tertiary and Quaternary sequence of continental affinity.

KEYWORDS: Cartography, San Lucas mountain range, Jurassic, Cretaceous, Tertiary, Deposits, structural styles.

* Thesis

** Faculty of Sciences Physics - Chemistry. School of Geology. The director Luis Carlos Mantilla Figueroa



1. INTRODUCCIÓN

El estudio cartográfico-geológico de la plancha 85-III-A, 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 principios del año 2005, 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 extensión aproximada de 150 Km². Al sureste de la plancha se encuentra el municipio de Simití y al suroeste el municipio de Santa Rosa del Sur, los cuales se encuentran al sur del Departamento del 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 depósitos inconsolidados del Cuaternario. Entre sus rasgos geológicos más relevantes se destacan: la Falla de Las Brisas al oeste, la Falla de Santa Rosa hacia el centro y la Fallas de Simití y San Blas al este; una zona montañosa que ocupa gran parte del área de la plancha correspondiente a rocas de la Unidad Volcanoclástica de Noreán; la Unidad Rosablanca-Paja y la Unidad Extrusiva de Las Brisas y una zona plana ocupada por la Ciénaga de Simití donde se disponen los depósitos Fluviolacustres y de Llanura de Inundación.



OBJETIVO GENERAL

Elaborar la cartografía geológica preliminar a Escala 1:25.000 de la Plancha IGAC 85-III-A (Sector Santa Rosa del Sur – Simití), 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, que será utilizado como referente durante los trabajos de campo.
- Realizar un trabajo de campo para fines de control y muestreo sistemático de rocas orientados a la elaboración de la cartografía geológica preliminar a escala 1:25.000.
- Realizar la descripción macroscópica de las muestras recolectadas en campo con el fin de establecer las características composiciones 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

A continuación se describen las diferentes actividades realizadas en el Proyecto, durante las fases de pre-campo, jornada de campo y post-campo en el tratamiento, procesamiento y análisis de los datos obtenidos.

2.1. FASE PRE-CAMPO

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

2.1.1. Recopilación y Revisión de la Información

Esta actividad consistió 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 85-III-A), a la vez se pudo concluir que en este sector del país con enormes riquezas estratégicas naturales no se dispone aún de un cubrimiento cartográfico-geológico adecuado con lo cual este trabajo contribuyó con información geológica que posteriormente se incorporó al mapa geológico preliminar a escala 1:100.000 de la Plancha 85 (Simití) y se puso a disposición del público en general, en la página web del INGEOMINAS.



2.1.2. Interpretación de Fotografías Aéreas e Imágenes Satelitales

En primer lugar se recolectó material aerofotográfico a escala 1:50.000 existente de la Plancha 85 (IGAC) y en especial del área comprendida entre los Sectores Santa Rosa del Sur-Simití (zona a trabajar en el Proyecto de Grado). Posteriormente se realizó la interpretación de las fotografías aéreas con los estereoscopios (Marca Carl Zeiss Jena) disponibles de la Escuela de Geología.

La transferencia de la información obtenida de la fotointerpretación a una base de datos digital se realizó utilizando el Programa SPRING 4.1 el cual es un SIG (**S**istema de **I**nformación **G**eográfica) 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 (www.dpi.inpe.br) y fue instalado en una estación de trabajo adquirida para la escuela de Geología en el marco del convenio UIS-INGEOMINAS.

Para el uso de esta herramienta en el proyecto primero se monto en el banco de datos una base topográfica digital a escala 1:100000 tomado de la Plancha 85 (IGAC), luego se procedió a georeferenciar cada una de las fotografías aéreas (anteriormente escaneadas y guardadas como archivos *.tiff) con el fin de ubicarlas con sus respectivas coordenadas geográficas en el mapa topográfico base. Una vez las fotos estaban georeferenciadas en el mapa, se digitalizaron los contactos de las unidades geológicas diferenciadas, ríos, quebradas y los lineamientos y fallas presentes en cada una de ellas.

Las imágenes satelitales LANDSAT 5 TM del área fueron obtenidas de la base de datos gratuita de la NASA (www.zulu,ssc.nasa.gov) y fueron posteriormente georeferenciadas utilizando también el Software SPRING 4.1. Una vez georeferenciadas, se aplicaron filtros direccionales implícitos en el programa para detectar los lineamientos y estructuras más representativas de la zona. Esta función consiste en aplicar filtros direccionales opuestos a la dirección de las estructuras que se quiere resaltar (ejemplo: si se quieren ver lineamientos en sentido Nor-Este, se aplica un filtraje en sentido Nor-Oeste). Mediante el



análisis visual y con el uso de filtros morfológicos para imágenes se interpretaron las diferentes características geomorfológicas las cuales se resaltan mediante contrastes en el relieve y homogeneidad en ciertas zonas de la respuesta espectral.

2.1.3. Elaboración del Mapa Fotogeológico Preliminar

Teniendo las imágenes satelitales y las fotografías aéreas georeferenciadas con sus respectivas características geológicas interpretadas y digitalizadas, se dió paso a la elaboración del Mapa Fotogeológico Preliminar de la Plancha 85-III-A a escala 1:25.000 haciendo uso del Software mencionado en las fases anteriores. Este mapa corresponde a la integración de los datos obtenidos en la interpretación del material disponible en el presente estudio y trabajos fotogeológicos e interpretaciones satelitales realizados anteriormente por otros autores en este sector de la Serranía de San Lucas. Esta información fue obtenida en la fase de recopilación de información y los formatos digitales fueron proporcionados por el INGEOMINAS.

2.2. FASE DE CAMPO

Durante esta fase se realizó fundamentalmente un reconocimiento geológico del área de estudio y un muestreo estratégico de las unidades litológicas reconocidas previamente mediante fotointerpretación. La localización de las muestras recolectadas y estaciones de control geológico fue 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 consideraron características geomorfológicas, situación estructural, situación geológica y geográfica junto con datos estructurales, fotografías de afloramientos, panorámicas y detalles de las rocas y los afloramientos como información necesaria para alimentar las bases de datos exigidas en el marco del proyecto en la Serranía de San Lucas.



Una vez realizado el control de campo se llevo a cabo la elaboración del Mapa Geológico Preliminar de la Plancha 85-III-A, el cual se presenta como un anexo en este trabajo.

2.3. FASE DE LABORATORIO

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

2.3.1. Descripción Macroscópica de Muestras

Esta descripción se realizó utilizando una lupa biocular (Marca Stemi DV4. Zeiss), perteneciente 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) que fueron registradas en una base de datos diseñada por el ingeniero de sistemas encargado en el Convenio UIS-INGEOMINAS. En este trabajo las descripciones macroscópicas de las muestras fueron integradas en un catalogo que se presenta como ANEXO 5.

2.3.2. Elaboración y Descripción Petrográfica de Muestras

Las secciones delgadas fueron realizadas 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 su sede en Guatiguará. La información obtenida en estos análisis fue registrada en los formatos proporcionados por el INGEOMINAS, tal como se muestra en el anexo de petrografía.



2.4. FASE DE INTERPRETACIÓN DE DATOS

Durante esta fase se analizó todos los datos geológicos recolectados, 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.

3. GENERALIDADES DEL ÁREA DE TRABAJO.

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

3.1. LOCALIZACIÓN

El área se halla ubicada geográficamente en las estribaciones orientales de la Serranía de San Lucas, hacia la parte sur del Departamento de Bolívar en la Plancha 85-III-A del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), escala 1:25.000 con un área de 150 Km² entre las coordenadas:

X: 1'370.000 X': 1'380.000
Y: 1'000.000 Y': 1'015.000.

Las poblaciones más importantes localizadas en la zona son: Simití al este y Santa Rosa del Sur al oeste.

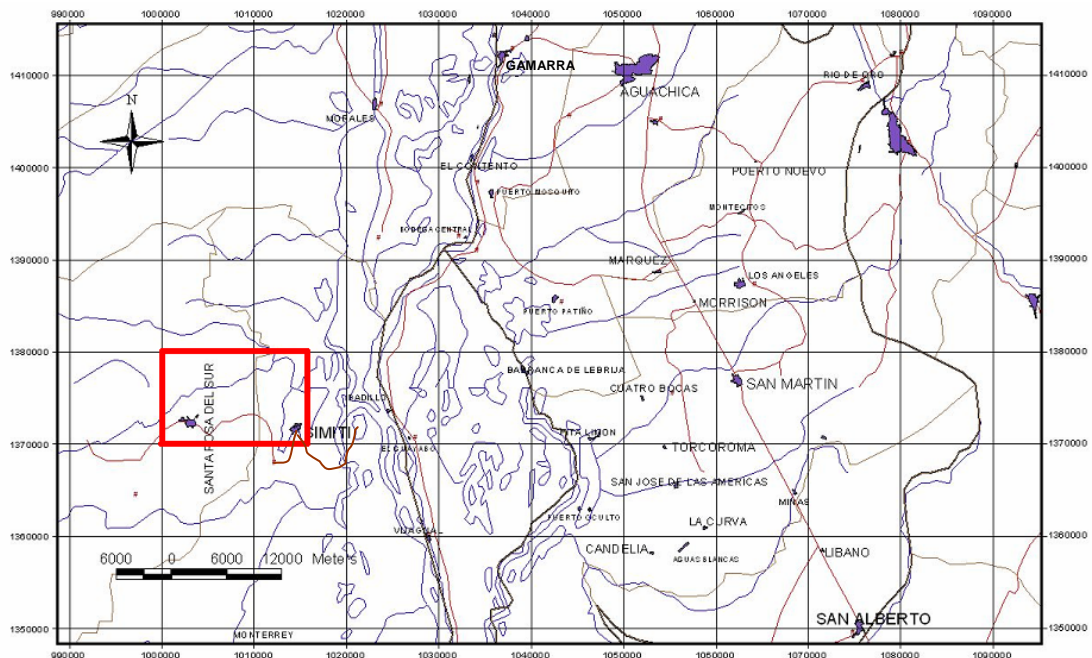


FIGURA 1. Localización geográfica del área de estudio. Entre las poblaciones más importantes de la zona se destacan Simití y Santa Rosa del Sur.



3.2. VIAS 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. En el Municipio de Aguachica se desprende una vía de segundo orden que va hacia el oeste al municipio de Gamarra. Desde este último por vía fluvial en un viaje de hora y media (1 ½) por chalupa se llega al municipio de Cerro Burgos, del cual sale una vía pavimentada hacia los Municipios de Simití y Santa Rosa. Una segunda vía de acceso se dispone desde Barrancabermeja (Santander). Desde allí se puede ir hasta Puerto Wilches (Santander) por vía terrestre y desde este último por vía fluvial hasta San Pablo (Bolívar), de donde se desprende la vía que conduce a Simití. Esta vía que actualmente está en construcción se conoce como la troncal de San Lucas, la cual bordea la margen izquierda del Río Magdalena, desde donde se desprenden carreteables de segundo y tercer orden y trochas de penetración para camperos y vehículos de doble tracción.

3.3. CLIMA, VEGETACIÓN Y RECURSO HÍDRICO.

Las condiciones climáticas en el área de la plancha son calidas y húmedas con temperaturas que oscilan entre los 32° y 40° C., y una precipitación media anual del orden de 1500 a 2500 mm. Las lluvias en la Región están influidas por la acción de los vientos alisios del noreste y por el desplazamiento de la Zona de Confluencia Intertropical. ZCIT, por lo cual hay dos períodos lluviosos, el primero entre abril y junio, y el segundo entre agosto y septiembre; igualmente hay dos temporadas secas, una muy marcada entre octubre y marzo, y otra de corta duración entre junio y julio. Estas condiciones producen vegetación de bosque seco tropical en la región del Valle Medio, mientras que en las estribaciones orientales de la Serranía de San Lucas, donde la altura aumenta y la precipitación es mayor; se encuentran bosques húmedos subtropicales. Sus tierras están comprendidas en el piso térmico cálido. La principal fuente hídrica de la zona de estudio es la ciénaga de Simití donde desembocan ríos, caños y quebradas que provienen principalmente de la Serranía de San Lucas. Los recursos de agua están sometidos a duros ataques



contra la ecología. Una forma de ataque es la destrucción de los bosques que ha elevado los procesos de sedimentación. Los pescadores de la ciénaga de Simití, por ejemplo, advierten que la ciénaga, en 15 años, pasó de una profundidad de casi de 20 metros a no más de 7, en un período de aceleración de la tala de bosques en la serranía de San Lucas. Otras formas de agresión contra el agua son la sustitución de árboles y arbustos por pastos para ganadería extensiva; los vertimientos del complejo petrolero y de la palma africana, y la ausencia de tratamiento de los sistemas de excretas de las ciudades. Las aguas están en un proceso acelerado de descomposición por el mal manejo de basuras, y sobre todo por la tala y la quema que se hace en todos los municipios. Un caso particular y dramático es el de los ríos y caños del Sur de Bolívar, afectados gravemente por el cianuro y el mercurio de la producción de oro y por residuos químicos de la coca.

3.4. SITUACIÓN SOCIAL

En el área de estudio se encuentran los municipios de Simití y Santa Rosa del Sur que hacen parte del Departamento de Bolívar, los cuales cuentan con 28.337 y 34.857 habitantes respectivamente. Dentro de las principales actividades económicas que sustentan la región se encuentra la agricultura, ganadería y pesca. Estos municipios se han visto afectados desde hace mucho tiempo por la presencia de grupos armados al margen de la ley, los cuales se disputan la soberanía del territorio. Actualmente en esta zona se han llevado a cabo planes de desmovilización en el marco de los proyectos de Paz del gobierno, donde en Santa Rosa del Sur a principios de 2006 se desmovilizaron y entregaron sus armas cerca de 2500 paramilitares; además, en convenios entre el Estado Colombiano y el SENA se han iniciado proyectos técnicos-educativos, con el fin de incentivar el crecimiento empresarial y micro-empresarial de la zona, principalmente en el campo de la agricultura y la piscicultura y de esta forma frenar los altos índices de miseria que afectan la región, donde en el 2004 alcanzaban niveles del 50% (PDPMM, 2004).



Este trabajo a parte del cumplimiento de los objetivos académicos, tiene un objetivo social, el cual es mostrar que lugares como estos presentan gran riqueza tanto científica como humana que son de gran importancia para el desarrollo 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. Con esta misma información como referencia, se presenta igualmente el marco geológico regional de la Serranía de San Lucas, en aras de facilitar información que permita contextualizar regionalmente la geología de nuestra área de estudio.

4.1 ESTADO DEL CONOCIMIENTO GEOLÓGICO

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.

Para la Serranía de San Lucas se han encontrado diferentes tipos de trabajos, de los cuales algunos son proyectos integrales de cartografía y evolución hasta trabajos puntuales en minas de la serranía.

Los proyectos a escala regional en la Serranía de San Lucas han sido realizados principalmente por el INGEOMINAS entre los que se destacan:

En escala 1:200.000 se cuenta con una versión antigua del Cuadrángulo H-11 Barrancabermeja (Servicio Geológico Nacional & Inventario Minero Nacional, 1966), cuyo sector norte corresponde a la Plancha 118 Río Ite.

Feininger *et al.*, (1975) realizó un trabajo cartográfico de parte de los departamentos de Antioquia y Caldas (subzona IIB) que hace parte de la Plancha 117 (Amalfi).

Bogotá y Aluja (1981) como resultado de los programas de exploración de minerales radiactivos llevados a cabo por el Instituto de Asuntos Nucleares "IAN" y la empresa COGEMA proponen modificaciones sustanciales al mapa fotogeológico de la serranía elaborado por Kassem y Arango (1977) y publicado por INGEOMINAS. La cartografía realizada fue la apropiada para los



objetivos de exploración minera, sin entrar en grandes detalles y tratando de confirmar la favorabilidad mostrada por el mapa fotogeológico de INGEOMINAS. Como resultado de esta cartografía los autores reconocieron y cartografiaron unidades de edades variables desde el Precámbrico hasta el Reciente. La publicación del mapa se hace en 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. Mencionan que rocas metamórficas Precámbricas y Paleozóicas constituyen gran parte del flanco W de la serranía, mientras 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 intruyen las rocas metamórficas y volcano-sedimentarias durante el Jurásico superior. Durante el Cretácico se depositan rocas sedimentarias marinas, mientras que en el Terciario rocas sedimentarias continentales reflejan el levantamiento de las cordilleras colombianas.

González (1992) realizó la cartografía geológica de la Plancha 106 (Liberia) que corresponde a la zona suroeste de la Serranía de San Lucas.

Clavijo *et al.*, (1996) y Royero *et al.*, (1997), realizaron la Cartografía geológica regional a escala 1:100.000 del extremo noreste de la Serranía de San Lucas correspondiente a las Planchas 75 Aguachica y 65 Tamalameque respectivamente.

La parte evolutiva se ha basado en principio a correlaciones regionales entre bloques que han interactuado en variados ambientes geodinámicos y con estudios que muestran edades de rocas y eventos metamórficos en la serranía como:

Metamorfismos Superpuestos en la Cordillera Central de Colombia (Toussaint y Restrepo, 1982). En este trabajo se proponen polimetamorfismos sobre las rocas del intervalo Precámbrico-Cretácico en la Cordillera Central. En el flanco occidental de la cordillera sobre anfibolitas existe un (1) dato K/Ar de 1670 ± 500



ma (Restrepo y Toussaint, 1978) que se consideran como granulitas retrogradadas. 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 evidencian 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. Edades en rocas metamórficas por el método K/Ar han dado 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. En el Cretácico 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.

Etayo et al., (1983), en el Mapa de Terrenos Geológicos de Colombia presentan un resumen de las unidades litológicas presentes en la Serranía de San Lucas, que se apoya en la información suministrada por Bogotá & Aluja (1981), Feininger *et al.* (1971) y Séller (1973).

Etayo *et al.* (1983), indican 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, intruidas por plutonitas intermedias del Jurásico superior – Cretácico inferior.

También en los trabajos de cartografía realizados por el INGEOMINAS en sus últimos apartados publican modelos evolutivos preliminares, basados en correlaciones estratigráficas, pero sin datos de edades de rocas.

En esta fase de recopilación se pudo obtener trabajos en los cuales se presentan esquemas regionales a partir de estudios fotogeológicos, tales como:



Kassem y Arango (1977), publicaron el Mapa Fotogeológico de la Serranía de San Lucas, en escala 1:500.000. La base topográfica sobre la cual se colocó la información fotogeológica fue tomada del mapa del departamento de Antioquia elaborado por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (1973). Este mapa indica 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. La información de Kassem y Arango (1977), sirvió posteriormente para elaborar la última versión del Mapa geológico de Colombia (Cediel y Cáceres, 1988), así como los mapas departamentales de Antioquia (INGEOMINAS, 1979) y Bolívar (Royero y Calvijo, 2002), y el Mapa de Terrenos Geológicos de Colombia (Etayo *et al.*, 1983).

Ujueta (1992), en su trabajo fotogeológico de la parte central y del norte del Valle Medio del Magdalena, propone que los sedimentos presentes en la Cuenca del Valle Medio del Magdalena pueden agruparse en cuatro categorías: sedimentos continentales Terciarios, sedimentos Cretáceos de miogeosinclinal, sedimentos marinos neríticos y continentales del Paleozoico superior-Jurásico y sedimentos de geosinclinal del Paleozoico inferior.

Varios trabajos con fases de cartografía pero con objetivos orientados hacia la minería se han realizado en la Serranía como:

En el informe de De la Espriella (1960), Investigaciones minerales en la región del bajo magdalena (Hierro en Barranco de Loba, Bolívar, Yeso en el Banco, Magdalena y oro en San Marín de Loba, Bolívar.), 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.

Vargas (1981), se basa en la implementación de metodologías para prospección de minerales radioactivos. A partir de análisis petrográficos caracterizaron el basamento continental a nivel de la vertiente oeste de la Serranía de San Lucas (SSL), y obtuvieron Neises y Anfibolitas de edad Precámbrica y esquistos, mica-esquistos posiblemente del Paleozoico, un conjunto volcánico, el conjunto volcanosedimentario de la Serranía de San Lucas., compuesto de flujos de lavas acidas y brechas volcánicas con series de tobas, lahares y rocas piroclásticas y una serie de lavas básicas.

Cañón y Mojica, (1997), presentan características mineralógicas, químicas y metalúrgicas de la mina la Chiva ubicada en San Martín de Loba (sur de Bolívar). Rocas metamórficas néisicas y neises anfibólicos aflorantes en el sector de la mina la cabaña serían las rocas mas antiguas del área y podrían corresponder a los neises de edad Precámbrica descritas por Bogota y Aluja (1981). 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, cuya edad asignada es Jurasico-medio a superior (Bogota y Aluja, 1981). En el área de San Martín de Loba afloran principalmente rocas ígneas plutónicas de composición granodiorítica. Al parecer corresponden a apófisis del batolito de Norosí de edad Jurásico Superior (Bogota y Aluja, 1981). Sobre estas rocas se han desarrollado procesos recientes de sedimentación principalmente de origen aluvial (Qal).

Un trabajo de geología estructural (informe inédito), con interpretación de datos y definición de estilos estructurales basados en datos tomados en campo se recopiló y fue realizado por Leutsh *et al.*, (1980). En un reconocimiento geológico preliminar presentan los resultados del 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.

En lo relacionado con la geomorfología los pocos datos que existen sobre la serranía están publicados en el trabajo del IDEAM (1996), donde se teorizan las geoformas que deben existir en los distintos relieves, en este caso en la serranía de San Lucas. Estos datos no cuentan con verificaciones en campo que permitan caracterizar más a detalle o mediante métodos directos las geoformas.

Algunos trabajos realizados en la Serranía se han concentrado en diferentes épocas del tiempo geológico como:

Dickey (1941) y Morales (1958), quienes han estudiado el Cretácico a detalle, muestran como sus contactos usualmente son tectónicos con las rocas volcánicas, aunque en otros casos la secuencia Cretácica descansa directamente sobre las rocas volcánicas.

Barrero *et al.*, (1969), afirman que durante el Mesozoico (Jurásico-Triásico) 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.

En el trabajo de Galvis y Espriella (1992), ellos proponen volcanismo Terciario al sur de la Isla de Mompo, donde se diferencian dos zonas: una representada por una plataforma Precámbrica al noreste y de un evento magmático, diferente del que se presenta en el área Central y Sur de la Serranía, mucho más reciente, que produjo numerosos conos volcánicos que se destacan morfológicamente en la zona y cuya actividad parece haber tenido lugar durante el Cenozoico.



Varios trabajos regionales, principalmente los que presentan modelos evolutivos de la Cordillera Central Colombiana nombran la serranía de San Lucas y la relacionan con ambientes geodinámicos y de formación que ocurrieron en diferentes zonas del país, las cuales cuentan con mayor información y sustento. Generalmente estos informes no presentan datos puntuales o métodos directos de caracterización geológica lo cual limita la extensión de la información. De la Serranía de San Lucas se puede concluir que existen pocos trabajos con abundantes datos de campo. En aras de obtener un mayor conocimiento de la Serranía en el presente trabajo se exponen los resultados de una labor de cartografía geológica a escala 1:25.000 que permitió diferenciar las unidades litoestratigráficas y las estructuras geológicas presentes en la serranía y así avanzar en el estado del conocimiento de su evolución geológica.

4.2. GEOLOGÍA REGIONAL

La Serranía de San Lucas es la estribación más Nor-Oriental de la Cordillera Central Colombiana en donde afloran rocas con edades desde el Precámbrico hasta depósitos del Cuaternario (Figura 2). El basamento en la Serranía para la parte más oriental en el margen derecho del río Magdalena corresponde a rocas metamorfoseadas del Paleozoico de la Formación La Virgen y rocas néisicas Precámbricas del Neis de Bucaramanga donde sus mejores exposiciones se encuentran en las estribaciones occidentales de la Cordillera Oriental en las zonas montañosas de las planchas 55 y 65 y 75. Al occidente del borde izquierdo del río Magdalena el basamento esta controlado por rocas esquistosas del Paleozoico de las formaciones Esquistos de Armenia y Esquistos de Tapoa y por rocas Precámbricas del Neis de San Lucas que afloran dispersamente en la plancha 64.

En las estribaciones orientales del flanco este de la serranía en donde se encuentra la plancha 85 predominan rocas Jurásicas de la Unidad Volcanoclástica de Noreán (definida por Clavijo, 1996) con lavas riolíticas y riodacíticas intercaladas con tobas cristalinas y tobas líticas pseudoestratificadas y con parte del conjunto epiclástico que en la plancha 85 corresponde a capas medias a



gruesas de limolitas y areniscas finas líticas rojizas. En la parte este de la serranía la Unidad Volcanoclástica de Noreán es la que mayor área superficial ocupa y su ambiente de depositación está relacionado con la formación de un volcanismo explosivo que aporta gran parte del relleno a una cuenca formada a principios del Jurásico debido a esfuerzos distensivos que forman grandes grabenes que sepultan las formaciones Paleozoicas y Precámbricas. En la parte nor-oeste de la plancha 85 afloran cuerpos intrusivos con fases extrusivas entre las rocas de la Unidad Volcanoclástica de Noreán. Estos cuerpos podrían estar relacionados con eventos magmáticos en el Plioceno. La Formación Arenal suprayace a la Unidad Volcanoclástica de Noreán en forma discordante. Esta aflora en las estribaciones orientales de la Serranía en la parte norte de la plancha 96 y este de la 64. La depositación de esta formación estaría relacionada con aportes aluviales en forma de abanicos debido a levantamientos diferenciales de la Serranía a finales del Jurásico. Sobre esta formación se deposita la secuencia Cretácica que corresponde a la gran invasión del mar Cretácico en época de subsidencia donde se acumulan sedimentos de la Unidad Rosablanca-Paja en la base, La Unidad Tablazo-Simití en la parte media y la Formación la Luna en la parte superior del Cretácico en forma concordante y en franjas en sentido NE-SW. En esta parte de la Serranía (estribaciones Orientales) 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 debido a que esta zona puede representar el acúñamiento oeste de la cuenca media del Magdalena. Sobre estas formaciones en forma discordante se deposita la secuencia Terciaria que en la parte oriental de la Serranía en la plancha 85 se encuentra sepultada por los sedimentos del Cuaternario. Las petroleras en sus estudios en el Valle Medio e Inferior del Magdalena han dividido esta secuencia en este sector 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 (Oligiceno-Mioceno). La Formación Real-Mesa se dispone como la formación que representa la parte más superior del Terciario (Mioceno-Plio-Pleistoceno) con ocurrencia de 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 mientras estas eran levantadas por los esfuerzos compresivos que generó para este tiempo la Orogenia Andina. Los sedimentos Cuaternarios encontrados en el Valle del Magdalena han sido influenciados por la dinámica fluvial del río y por esfuerzos neotectónicos que han permitido la formación de variadas cuencas de acumulación de sedimentos. Hacia la parte este de la plancha 85, 96, 75 y 65 se disponen depósitos de abanicos aluviales con fragmentos de roca que provienen de la Cordillera Oriental.

Regionalmente las estructuras en la parte este de la serranía presentan un patrón de fractura primario en sentido Norte-Sur relacionado con los movimientos de las fallas de Palestina al oeste y Bucaramanga-Santa Marta al este. En general son 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 en su mayoría de componente dextral con evidencias de movimientos por neotectónica y con formación de fallas asociadas en sentido NW-SE de menor extensión. El Valle Medio del Magdalena corresponde a una depresión tectónica asimétrica con dos márgenes que difieren en su estructura (Mojica y Franco, 1990). En esta cuenca en el sector de la Serranía de San Lucas se disponen formaciones con edades desde el Jurásico Tardío hasta sedimentos recientes del Cuaternario. Desde el Jurásico y durante el Cretácico Inferior se mantuvo un carácter distensivo y el Valle Medio del Magdalena junto con la región donde actualmente se ubica el piedemonte occidental de la Cordillera Oriental conformaron una misma cuenca, limitada por grandes estructuras que controlaron el avance marino y restringieron la depositación y distribución de sedimentos.

En la serranía las llanuras inundables son comunes en el Valle del Magdalena. Se presentan llanuras de desborde sin ciénagas aguas arriba de los sistemas cenagosos del río Cauca y Magdalena. La dinámica principal es el aluviamiento que genera formas como los diques y orillales, además las difluencias para formar meandros y cauces abandonados. En las llanuras de desborde con ciénagas el sistema río-ciénaga implica relaciones biunívocas: en aguas altas fluye hacia las



ciénagas que se convierten en trampas de sedimentos y, en aguas bajas, el agua fluye de la ciénaga hacia el río. En la depresión del Magdalena es posible encontrar relieves tabulares plegados disectados en vías de desertificación. Las causas se relacionan con las pendientes fuertes, poca capacidad de retención de agua por los materiales detríticos, formaciones superficiales muy delgadas con dominancia de bloques y gravillas. En la Serranía se encuentran superficies de aplanamiento residuales con cobertura volcánica que forman lateritas que pueden estar cubiertas con una capa Vulcano-detrítica procedente del vulcanismo inicial del eje de la cordillera (Mio-Plioceno). Estos depósitos se encuentran hoy alterados y aparecen residuales en las divisorias de aguas. Las superficies de aplanamiento sin cobertura volcánica no ha presentado una protección mecánica superficial, por lo que la disección operó más rápidamente, por lo tanto la red de drenaje es mas densa con vertientes más rectilíneas o evolucionando hacia la concavidad, y las divisorias de aguas con terminaciones agudas (cuchillas).



5. RESULTADOS

En este capítulo se presentan los datos obtenidos en este estudio, separando estos en subcapítulos de la siguiente forma: Sensores remotos y fotogeología, geomorfología, estratigrafía, geología estructural y petrografía de rocas.

5.1. SENSORES REMOTOS Y FOTOGEOLOGÍA

En esta fase del trabajo se presenta los datos obtenidos mediante el análisis de sensores remotos de las fotografías aéreas disponibles para la zona de estudio y su integración con los datos resultantes de la interpretación de imágenes satelitales.

En primer lugar se realizó el análisis fotogeológico de del área de trabajo con el fin de identificar y delimitar unidades de roca, rasgos estructurales, rasgos geomorfológicos y en este caso la caracterización de las diferentes unidades presentes en la zona plana del cuaternario, en el margen izquierdo del río Magdalena.

5.1.1. Consideraciones Preliminares

Para la determinación de las unidades fotogeológicas existentes en la Plancha 85-III-A, se utilizaron fotografías aéreas a escala 1:50.000 suministradas por el INGEOMINAS y para la interpretación de imágenes satelitales se usaron imágenes tipo LANDSAT 5 TM.

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. Luego se realizó la georeferenciación y el procesamiento digital de las imágenes satelitales del



área con la ayuda del Geólogo Jorge Eduardo Pinto, mediante el empleo del Software SPRING 4.1. Para las labores de georeferenciación de las imágenes se utilizó como referencia la base topográfica ofrecida por la NASA, 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.

Las fotografías aéreas fueron georeferenciadas en el software Spring 4.1 y su interpretación fue digitalizada en este mismo programa con el fin de integrar y comparar estos datos con los obtenidos en la interpretación de imágenes satelitales. La integración de datos se aplicó en lugares donde no se presentaba cubrimiento fotogeológico y por lo tanto fue necesario contar con la información obtenida de las imágenes. A partir de lo anterior fue posible delimitar unidades fotogeológicas las cuales difieren en su expresión geomorfológica principalmente y el trazo de lineamientos visibles en las interpretaciones (FIGURA 3).

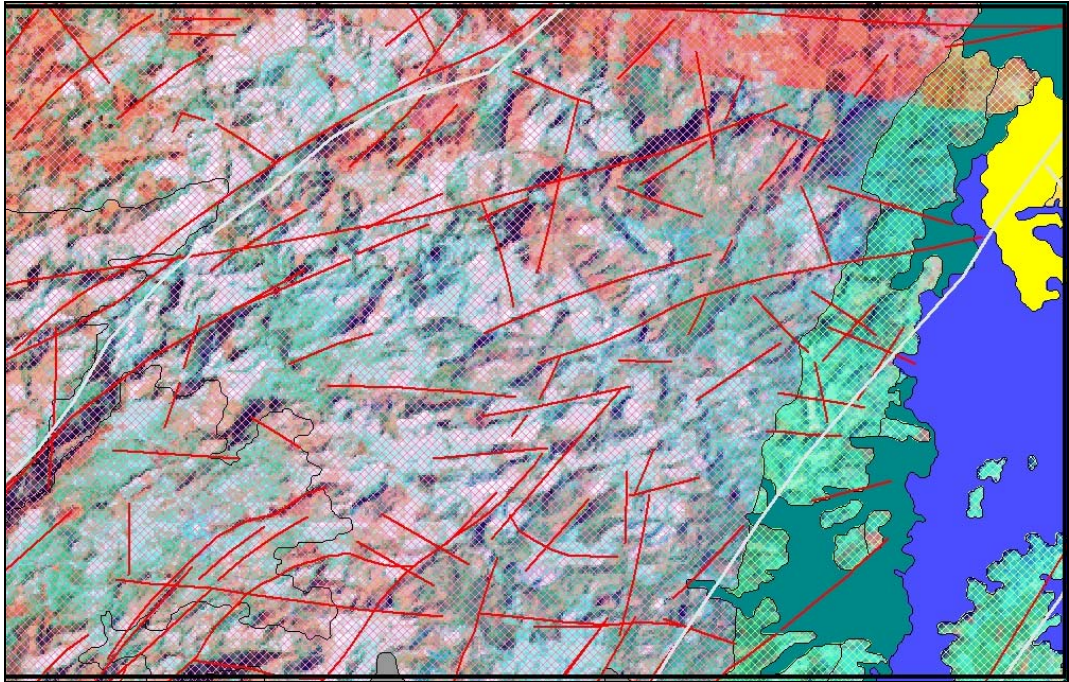


FIGURA 3. Integración de la interpretación fotogeológica y satelital. En la figura aparecen zonas achuradas las cuales representan roca y unidades geomorfológicas (achurado rojo y verde). Los rellenos son las diferentes expresiones en el Cuaternario, las líneas rojas representan lineamientos fotogeológicos y las blancas los lineamientos satelitales.

Posteriormente se definió el nombre para cada una de las unidades basado en trabajos anteriores de fotointerpretación y los resultados obtenidos para la fotointerpretación de la plancha 85 en el marco del convenio UIS-INGEOMINAS.

Para la zona de estudio se definieron siete (7) unidades fotogeológicas con características particulares así: Unidad Volcanoclástica de Noreán (Jn), Unidad Rosablanca-Paja (Kipr), Unidad Tablazo-Simití (Kmst) y unidades más recientes conformadas por el Cuaternario Fluviolacustre (Qafl), Cuaternario Aluvial (Qal), Diques Naturales en la Llanura de Inundación (Qadnlli) y Depósitos de Coluvión (Qco), las cuales se ubican en los alrededores de la Ciénaga de Simití (FIGURA 4). Estas unidades fueron representadas en el Mapa Fotogeológico a escala 1:25000 (ANEXO 1).



Los lineamientos estructurales más representativos de esta unidad tienen direcciones EW, NE y NW. Los lineamientos de dirección EW son muy extensos y se encuentran controlando los drenajes que desembocan en la Ciénaga de Simití. Los lineamientos de dirección NE son los más predominantes, posiblemente indican fallas mayores en el terreno. Estos son fáciles de reconocer debido a que la mayoría de los drenajes se encuentran alineados, cambiando su curso algunas veces 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.

5.1.1.2. Unidad Rosablanca-Paja (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 que en el centro se encuentran aisladas en contacto con los depósitos cuaternarios fluviolacustres (ANEXO 1). Los tonos característicos de esta unidad son grises claros con texturas finas y moteadas en algunos sectores. Presenta poca densidad de drenaje, estos tienen un patrón subparalelo y desembocan en la Ciénaga de Simití. Los lineamientos identificados en esta unidad tienen dirección NE y NW. Los lineamientos de dirección NE controlan las geoformas alargadas que representan esta unidad; y los lineamientos de dirección NW se encuentran alineando el curso de los drenajes mayores.

5.1.1.3. Unidad Tablazo-Simití (Kmst)

Esta unidad esta localizada hacia la parte sur y este de la Ciénaga de Simití y se diferencia de la Unidad Rosablanca-Paja porque esta forma cerros pequeños y aislados que presentan pendientes muy bajas, algunas veces llegando a formar planicies que han sido cubiertas parcialmente por los depósitos Cuaternarios (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 esta limitado a las corrientes que desembocan en la Ciénaga.

La unidad presenta lineamientos de dirección NE que se extiende desde el sur controlando las geoformas de cerros aislados y drenajes, que junto con la Ciénaga de Simití se alinean en esta dirección hacia el norte.

5.1.1.4. Cuaternario Fluvio lacustre (Q-afI)

Esta unidad esta representada por la zonas más planas y humedales distribuidos alrededor de la Ciénaga de Simití que se caracterizan por formar planicies mostrando tonos grises muy claros y texturas finas. Por lo general esta unidad se compone de materiales finos que son depositados al aumentar el nivel base de la Ciénaga de Simití en épocas de creciente. La densidad de drenaje en esta unidad esta limitado a pequeños canales y superficies inundadas que no presentan una dirección de lineamientos característica (ANEXO 1).

5.1.1.5. Cuaternario Aluvial (Qal)

Estos depósitos se encuentran distribuidos alrededor de los depósitos fluvio lacustres formando terrazas que resultan del material transportado por los ríos y quebradas de las zonas montañosas. También se encuentran en las partes bajas de la Unidad Rosablanca-Paja donde forman planicies altas sobre los depósitos finos de la Ciénaga de Simití (ANEXO 1). Los tonos característicos de esta unidad son grises claros con texturas finas. Estos depósitos no presentan gran densidad de lineamientos debido a que las geoformas corresponden a zonas planas que son alimentadas por gran cantidad de corrientes pequeñas y tributarios distribuidos aleatoriamente sin seguir un patrón de alineamiento característico, salvo algunos que proceden de corrientes mayores que desembocan en la Ciénaga de Simití y que muestran un patrón de drenaje subparalelo reflejando así lineamientos en dirección NE. Estos lineamientos son escasos y se extienden afectando de igual manera a las unidades anteriormente descritas.



5.1.1.6. Diques Naturales en la Llanura de Inundación (Q-adnlli)

Estas geoformas se encuentran distribuidas hacia el norte de la Ciénaga de Simití y se caracterizan por presentar tonos grises medios con texturas moteadas como consecuencia de la vegetación y de la gran cantidad de sedimentos acumulados después de los periodos de inundación. Estos depósitos se encuentran rodeados de terrazas más altas pertenecientes a los depósitos aluviales y son formados por rupturas en los canales de los ríos principales y tributarios pequeños que desembocan en la ciénaga durante épocas de flujos menores. Los lineamientos estructurales que afectan estas geoformas son escasos y solo se puede observar un lineamiento principal de dirección NE que se extiende hasta el sur de la plancha afectando rocas Jurásicas y Cretácicas (ANEXO 1).

5.1.1.7. Depósitos de Coluvión (Qco)

Se encuentran distribuidos como geoformas irregulares hacia el sur de la plancha dentro de la Unidad Volcanoclástica de Noreán (ANEXO 1). Estos depósitos presentan tonos grises medios a claros con texturas moteadas, formando superficies acumuladas en las partes más bajas de las laderas de las montañas durante procesos erosivos y regímenes de alta energía. No se encuentran afectados por ningún tipo de lineamiento.



5.2. GEOMORFOLOGÍA

Mediante recorridos en campo por diferentes sectores de la zona de estudio y vistas panorámicas en zonas estratégicas de la plancha se pudo establecer los estilos geomorfológicos principales que dominan la expresión en superficie de las rocas que afloran en el área de la plancha 85-III-A.

5.2.1. Consideraciones Preliminares

En este capítulo se hará una descripción generalizada de las unidades geomorfológicas definidas preliminarmente en la campaña cartográfica realizada en este sector de la Serranía de San Lucas.

La descripción de las unidades en el siguiente capítulo representa una introducción a futuros trabajos a detalle sobre los procesos geomorfológicos que han afectado las rocas presentes en este sector de la serranía y valle del Magdalena.

En el sector de la plancha 85III A afloran rocas de la Unidad Volcanoclástica de Noreán que corresponde principalmente a lavas andesíticas, riolíticas y dacíticas, tobas litocristalinas y cristalinolíticas y areniscas y lodolitas tobáceas en menor cantidad; rocas ígneas de fases intrusivas y extrusivas de la Unidad extrusiva de las Brisas; rocas calcáreas sedimentarias de la Unidad Rosablanca-Paja y Depósitos Cuaternarios Fluvio-lacustres y de Llanura de Inundación. Todas estas presentan variadas respuestas a la meteorización generando geoformas que las caracterizan y las diferencian unas de otras. Al oeste de la plancha desde la Falla de Las Brisas hasta la Falla de San Blas al este se generan geoformas influenciadas por eventos tectónicos relacionados con el sistema principal de flor positiva de Las Brisas. Al este en el valle del Magdalena se encuentran geoformas influenciadas por la dinámica fluvial del río y por la evolución de la ciénaga de Simití.



5.2.1. 1. Unidad Volcanoclástica de Noreán

Las rocas de la Unidad Volcanoclástica de Noreán afloran en casi toda la superficie de la plancha y se disponen en contacto discordante al este con las rocas de la Unidad Rosablanca-Paja. Al oeste en el bloque colgante de la Falla Las Brisas se presentan estructuras relacionadas con la disección de ríos y quebradas formando valles profundos en V de hasta 150 m de profundidad. El transporte de sedimento es activo en estas corrientes y el tamaño predominante que se puede observar son las gravas y arenas; al parecer estos elementos representan una etapa de rejuvenecimiento del paisaje dejando los restos de una antigua superficie erosional disectada y separada por cañones de paredes verticales en donde se presentan rápidos y cascadas.

En los valles la pendiente de las laderas puede ser mayor de los 50° y en las laderas denudacionales entre 25° y 30°. En la mayoría de los valles desarrollados en esta zona, las lavas riolíticas aparecen controlando los cauces, donde la roca aflora con baja alteración debido a los efectos abrasivos del agua y sus componentes (FIGURA 5).



FIGURA 5. Lavas riolíticas de la Unidad Volcanoclástica de Noreán controlando el cauce principal de la quebrada Platanal, al oeste de la plancha en el bloque colgante de la falla Las Brisas.

Localmente el cauce principal de los ríos y quebradas y cerros de la zona se encuentran afectados por la acción de fallas sinestrales de tercer orden, no cartografiadas, asociadas al movimiento de fallas sinestrales de mayor magnitud de segundo orden que son ortogonales a la dirección del movimiento de la Falla de Las Brisas, como la registrada en el delta JP85015-JP85016 (ANEXO 4), donde la falla presenta un rumbo N84°W con buzamiento 45°NE.

La Unidad Extrusiva de Las Brisas se encuentra asociada al bloque colgante de la Falla Las Brisas, su geomorfología difiere a la formada por las rocas de la unidad Volcanoclástica de Noreán. Parte de esta unidad se dispone al Norte y al Noroeste de la plancha, las fases intrusivas que corresponden a cuerpos graníticos hipoabisales se disponen como estructuras dómicas con pendientes mayores a 20° que cortan las laderas de menor pendiente de la Unidad Volcanoclástica de Noreán. Estos domos son redondeados, algunos puntiagudos generalmente no disectados, bordeados por drenajes circulares (FIGURA 6).

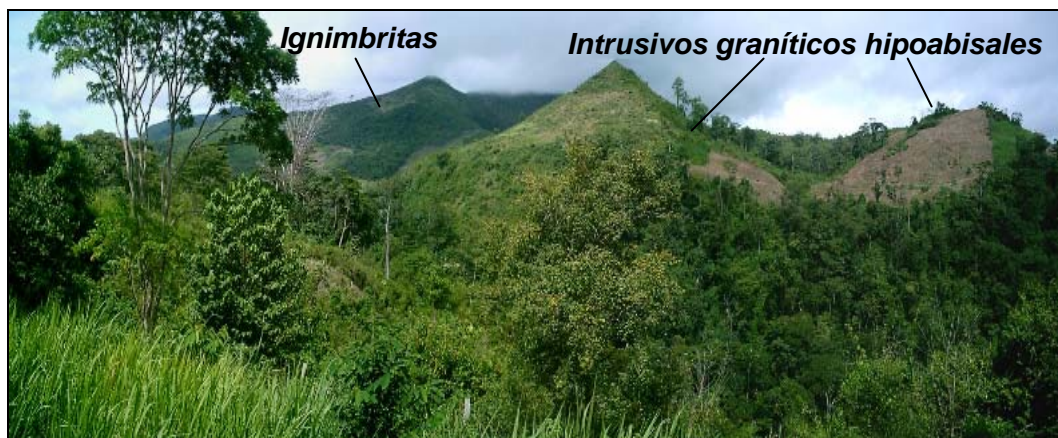


FIGURA 6. Estructuras dómicas que bordean el valle de Caracolí en la Unidad Volcánica de las Brisas. Fotografía tomada al sur de la plancha 85IA.

En esta unidad también se encuentran coladas de lava, asociadas a colapsos laterales en los domos, cubiertas totalmente por vegetación, subhorizontales y con alcances longitudinales variables (FIGURA 7). En el área se disponen depósitos de

ignimbritas y depósitos de ceniza que colmataron los valles, que ahora corresponden a planicies disectadas por el drenaje primario del sector de Las brisas.



FIGURA 7. Morfologías de las fases intrusivas y extrusivas en la Unidad Extrusiva de las Brisas. Al fondo se aprecia flujos de lava subhorizontales asociados al colapso lateral del domo adyacente.

Asociados a esta unidad se desarrollan perfiles de suelo sobre las zonas de menor pendiente al sur de la Plancha 85-I-A, donde se forma suelo derivado de la meteorización de material volcánico posiblemente cenizas o coladas de lava. Las bajas pendientes que presentan estos flujos de lava, los perfiles de suelo en zonas planas junto con la baja disección de las laderas de los cuerpos graníticos permiten definir que estos cuerpos son de menor edad que las rocas deformadas de la Unidad Volcanoclástica de Noreán sobre las cuales se disponen estos depósitos.

Las geoformas y estructuras encontradas en este sector de la plancha y al norte de esta permiten pensar que en esta zona se produjo un volcanismo que permitió la formación de paleovolcanes, de los cuales se derivaron los depósitos de cenizas e ignimbritas, debido a colapsos laterales en la estructura principal del cono se formaron los depósitos de flujo de lava que se disponen en varias direcciones. Las



bajas pendientes que presentan estos flujos de lava, los perfiles de suelo en zonas planas junto con la baja disección de las laderas de los cuerpos graníticos permiten definir que estos cuerpos son de menor edad que las rocas deformadas de la Unidad Volcanoclástica de Noreán sobre las cuales se disponen estos depósitos

Al este en el área comprendida entre la Falla Las Brisas y la Falla Simití afloran rocas de la Unidad Volcanoclástica de Noreán, estas se encuentran afectadas por los esfuerzos de tipo transpresivo que ocurren dentro de este bloque. Las geoformas en esta parte de la plancha corresponden a laderas con pendientes menores de 50° , valles profundos y abiertos en la parte central de la plancha con drenaje de tipo subdendrítico como en el caso de la quebrada Platanal (FIGURA 8).



FIGURA 8. Geoformas de la Unidad Volcanoclástica de Noreán cerca de la zona de influencia de la Falla Las Brisas. Se observan valles abiertos y profundos formados sobre las Jurásicas de Noreán en la Quebrada Platanal hacia el oeste de la plancha 85-III-A.

Al norte de la plancha en la Quebrada Playarrica, se forman valles profundos en V, con paredes casi verticales de hasta 180 m, con un drenaje de tipo subparalelo. La profundización del valle en esta parte de la plancha podría corresponder a flexuras que levantan el bloque y aceleran la profundización del río al tratar de encontrar su nivel base. En este lugar las rocas corresponden a lavas riolíticas. Al norte esta quebrada se encuentra bordeando cuerpos intrusivos de la Unidad Extrusiva de Las Brisas, lo cual indica que estas intrusiones alteraron la dirección original del río desviando su cauce separando esta quebrada de la Quebrada Platanal. Los cerros formados por estos cuerpos intrusivos son redondeados y presentan drenajes paralelos, con el parte agua a media ladera, formando valles profundos de paredes empinadas, como se registra en los deltas IQ85105 al IQ85113 (ANEXO 4).

Localmente el cauce de las principales quebradas de la plancha y algunos de sus afluentes están influenciados por fallas de rumbo de segundo y tercer orden, que direccionan el cauce en sentido NE (mismo sentido del sistema principal de Las Brisas) y en otros casos NW (mediante fallas antitéticas) (FIGURA 9).



FIGURA 9. Dirección NE del cauce principal de la Quebrada Platanal. Cerros donde aflora la Unidad Volcanoclástica de Noreán. En este lugar el cauce de la Quebrada (Hacia el fondo) esta alineado con el rumbo NE del trazo principal de la Falla Las Brisas.



Asociadas al movimiento de las fallas principales en la zona de estudio se presentan geoformas como lomos de obturación, donde el cauce de algunas quebradas provenientes de las laderas del valle del Río Inanea se truncan debido a pequeños bloques que se levantan y desvían en la dirección del afluente. Claros afloramientos de este efecto se encuentran en el trazo principal de la Falla San Blas al nor-este de la plancha 85IIIC.

En general la morfología de los cerros en la Unidad Volcanoclástica de Noreán es similar en toda el área, pero se presenta variación topológica de oeste a este donde los cerros al occidente presentan mayor altura que los cerros al oriente hacia el valle del Magdalena.

5.2.1.2. Unidad Rosablanca-Paja

En el área de estudio el Cretácico en superficie está representado por rocas calcáreas de la Unidad Rosablanca-Paja. Esta formación en este lugar de la serranía presenta buzamientos bajos de 12° a 15° hacia el E, a favor de la pendiente del terreno, formando laderas denudacionales, con formación de un patrón de drenaje subparalelo a subdendrítico, en los cuales el agua fluye hacia la Ciénaga de Simití. La mayoría de los afloramientos se encuentran cercanos a la zona de influencia de la Falla de Simití. Las mejores expresiones morfológicas se encuentran en las zonas de contacto entre la Unidad Rosablanca-Paja y las rocas Jurásicas de la Unidad Volcanoclástica de Noreán; en estos lugares es claro el contraste morfológico entre los cerros más altos y de mayor pendiente de las rocas Jurásicas y pendientes suaves y de baja pendiente de las rocas Cretácicas. En la zona de estudio el contacto entre estas dos unidades se expone en tres formas bien distinguidas:

Contacto controlado por erosión y formación de valles.

En los valles de las quebradas principales de la zona de estudio se expone el contacto entre estas dos unidades en las partes altas de los cerros, donde las



rocas Cretácicas forman paredes verticales, sin vegetación que contrastan con las paredes de alta pendiente (70° a 80°) de la Unidad Volcanoclástica de Noreán pero las cuales presentan abundante vegetación primaria. Este tipo de exposición del contacto es común en las estribaciones orientales de la Serranía de San Lucas que afloran en la plancha 85. La evolución de los valles donde se presentan estas morfologías corresponden a excavaciones profundas de los ríos y quebradas donde las rocas Cretácicas afloran en las cimas y las Jurásicas en los cauces (FIGURA 10).

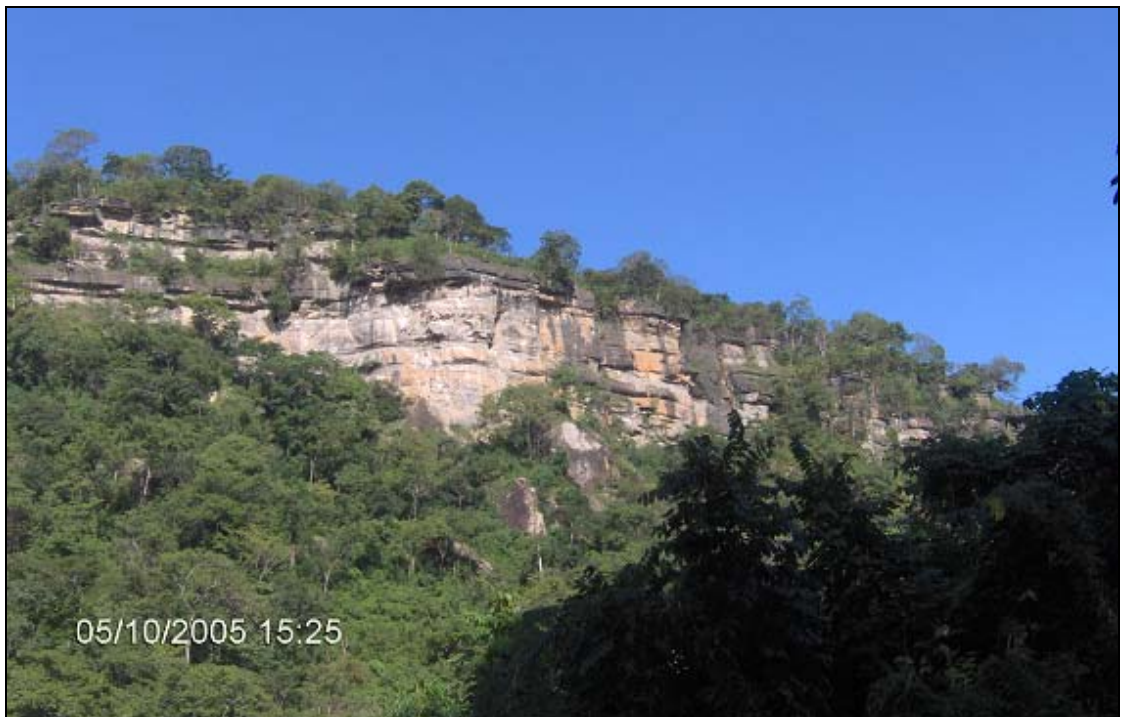


FIGURA 10. Escarpes verticales en la Unidad Rosablanca-Paja. Hacia el fondo se observan escarpes verticales formados por las rocas Cretácicas que se disponen sobre las rocas de la Unidad Volcanoclástica de Noreán las cuales presentan escarpes de menor pendiente con presencia de vegetación primaria. Fotografía tomada en la quebrada Santa Isabel en la plancha 85-I-C.

Contacto Fallado.

Los afloramientos de este tipo de contacto se encuentran en la zona sur de la plancha asociadas a los efectos transpresivos de la Falla de Simití y a fallas inversas de segundo orden, las cuales enfrentan rocas Jurásicas y Cretácicas en

zonas muy cercanas al valle del Magdalena y en zonas montañosas al oeste del mismo (FIGURA 11).



FIGURA 11. Contacto fallado entre rocas de la Unidad Volcanoclástica de Noreán y rocas Cretácicas. A la derecha se encuentran rocas Jurásicas pertenecientes a Noreán formando escarpes con pendientes variables y laderas que disminuyen de pendiente hacia la base y a la izquierda rocas Cretácicas que forman escarpes verticales en la cima de los cerros y en contacto a media ladera con rocas de la Unidad Volcanoclástica de Noreán. Nótese la trinchera de falla generada por la fractura de tipo inversa.

Por la vía que de Simití conduce a Santa Rosa se evidencian pliegues de arrastre derivados del movimiento dextral de la Falla de Simití donde cerros de mayor altura de la Unidad Volcanoclástica de Noreán cabalgan los cerros medianamente deformados de la Unidad Rosablanca-Paja (FIGURA 12).



FIGURA 12. Contraste morfológico entre rocas Jurásicas y Cretácicas. A la derecha cerros de 40 m de altura de la Unidad Volcanoclástica de Noreán (J1-2n) con laderas denudacionales de baja pendiente de la Unidad Rosablanca–Paja (K1r K1p) a la izquierda.

Contacto Discordante

Este tipo de contacto es el más común en la zona de estudio y se dispone en el límite oeste de la cuenca del Valle Medio del Magdalena. En la línea del piedemonte las rocas de la Unidad Rosablanca-Paja con buzamientos menores a 20° hacia el este se superponen a las rocas de la Unidad Volcanoclástica de Noreán que buzanan 30° - 40° hacia el este. En estos lugares se aprecia un fuerte contraste entre los cerros alargados hacia el valle en dirección E-W de la Unidad Volcanoclástica de Noreán donde las laderas bajan suavemente la pendiente hasta llegar a la zona plana del valle del río Magdalena en el caso de esta plancha a la Ciénaga de Simití en donde las colinas residuales son muy bajas (FIGURA 13).



En estos sectores las calizas se encuentran fracturadas con desarrollo cárstico de topografía compleja cubiertas de vegetación frondosa, en contraste con la Unidad Volcanoclástica de Noreán. Hacia el sureste de la plancha 85-III-A se observa claramente el contacto discordante entre el Jurásico y el Cretácico, cerca del área de influencia de la Falla de Simití donde las rocas Cretácicas forman escarpes hacia el Oriente, en el contacto con el Cuaternario.



FIGURA 13. Colinas suaves formadas en la zona del piedemonte por la Unidad Volcanoclástica de Noreán. Se muestra las crestas alargadas de los cerros de la Unidad Volcanoclástica de Noreán en dirección E-W que disminuyen la pendiente hacia la Ciénaga de Simití ubicada al fondo.

5.2.1.3. Cuaternario

El Cuaternario en la zona de estudio esta representado por una amplia zona deprimida tectónicamente ocupada por la Ciénaga de Simití y caños y quebradas provenientes de las partes altas de la Serranía de San Lucas (FIGURA 14). El sistema fluvial del Magdalena en esta zona de la serranía pierde su característica de un canal único y se convierte en un sistema de ciénagas con múltiples caños

conectados al sistema fluvial principal del río Magdalena por quebradas, caños y canales, donde están depositados sedimentos Fluvioacústres. El nivel topológico sobre los cuales se encuentran ubicadas estas planicies son entre 25 y 50 m.s.n.m. Al oeste de esta unidad geomorfológica los sedimentos se presentan en forma de terrazas inclinadas con muy bajo ángulo hacia el este, medianamente a no consolidados y disectados donde el agua fluye hacia la ciénaga. Este lugar se comporta como llanuras de desborde con ciénagas, el sistema río-ciénaga implica relaciones biunívocas: en aguas altas, el agua fluye hacia las ciénagas que se convierten en trampas de sedimentos y, en aguas bajas, el agua fluye de la ciénaga hacia el río Magdalena. La estructura que representa mayor influencia sobre los sedimentos Cuaternarios en la zona de estudio corresponde a la Falla de Simití. Esta falla limita actualmente el oeste de la cuenca de la ciénaga modelando su forma y la disposición estructural de los sedimentos ya depositados.

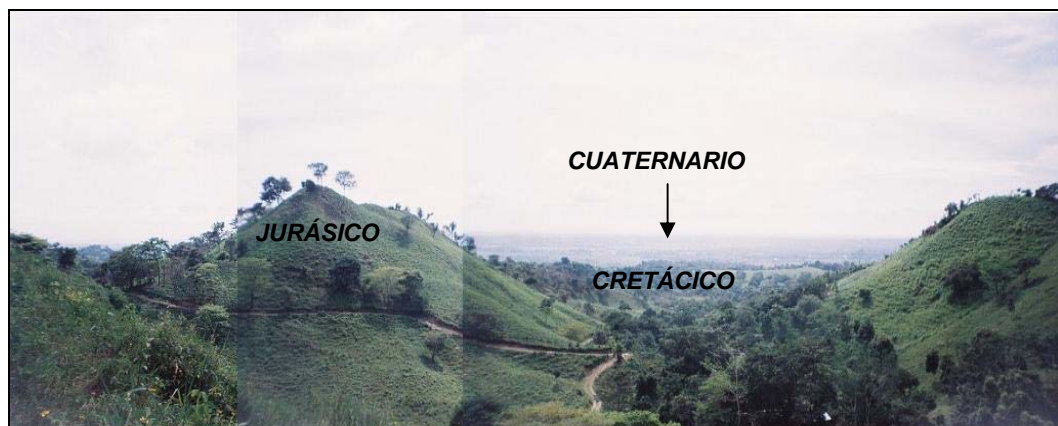


FIGURA 14. Expresión morfológica de rocas Jurásicas, Cretácicas y depósitos del Cuaternario. En primer plano se observa los cerros de la Unidad Volcanoclástica de Noreán, luego zonas bajas deformadas de la Unidad Rosablanca-Paja y al fondo zonas planas de los depósitos Cuaternarios Fluvioacústres y de Llanura de Inundación.

A continuación se representa en un gráfico las diferentes unidades geomorfológicas identificadas en el área de la Plancha 85-III-A (FIGURA 15).

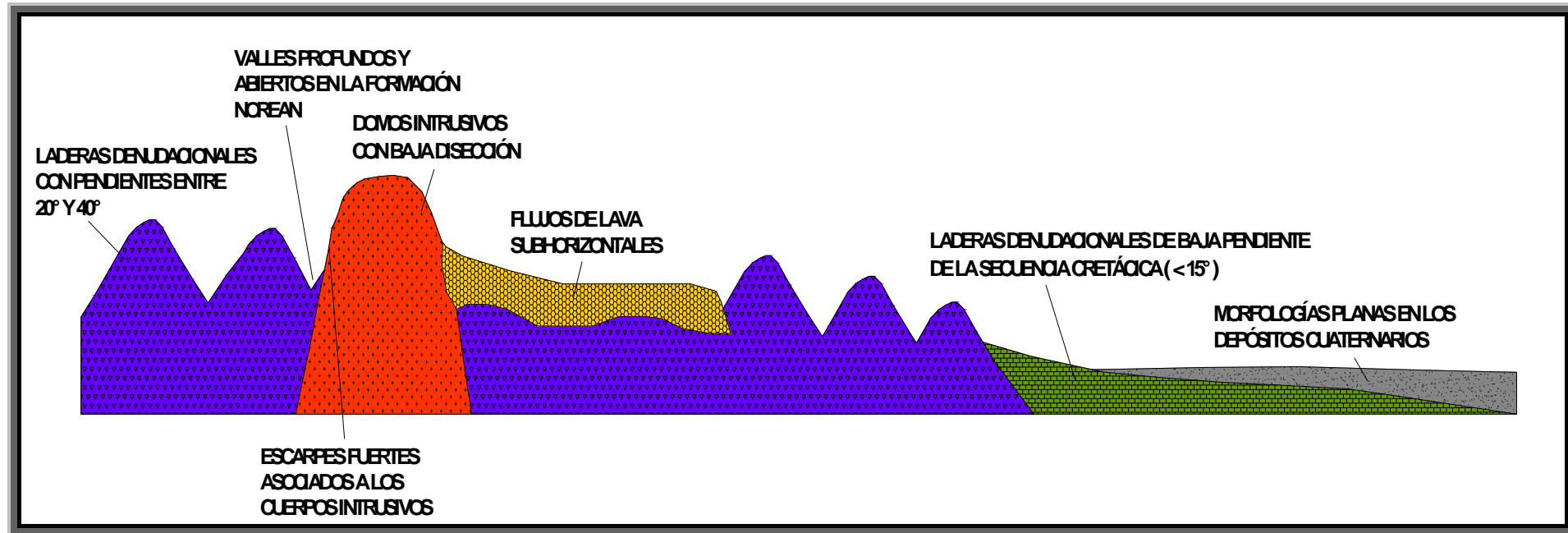


FIGURA 15. Resumen de las unidades Geomorfológicas encontradas en la plancha 85-III-A de la Serranía de San Lucas.



5.3. ESTRATIGRAFÍA

En el área de la Plancha 85-III-A afloran rocas ígneas y sedimentarias con edades que van desde el Jurásico Inferior hasta el Terciario y depósitos Cuaternarios (ANEXO 2).

Las rocas Jurásicas están constituidas por tobas cristalinas, cristalínolíticas y líticas; lavas andesíticas, riolíticas y dacíticas y en menor proporción areniscas y lodolitas tobáceas rojizas pertenecientes a la Unidad Volcanoclástica de Noreán (J1-2n), las cuales afloran hacia el borde occidental de la plancha.

Las rocas sedimentarias del Cretáceo, están representadas por la Unidad Rosablanca-Paja (K1r K1p) compuesta de calizas esparíticas y micríticas cuyas texturas varían entre mudstone, wackstone, packstone y grainstone con abundante contenido fósil. Hacia el tope de la unidad predominan lodolitas calcáreas y arcillosas grises oscuras muy físilas.

Se ha identificado además, una nueva litología denominada en este trabajo como Unidad Extrusiva de Las Brisas (K2N1lb) que aparentemente encaja discordantemente con la Unidad Volcanoclástica de Noreán, cuya edad no se ha definido aún, pero por su relación estratigráfica con las unidades adyacentes, se cree que esta entre el Cretácico Superior y el Terciario

Los depósitos cuaternarios están representados por cantos redondeados y subredondeados de rocas ígneas y sedimentarias en una matriz areno-lodosa que forman los Depósitos de Llanura de Inundación; y lodos de color gris oscuro, arcillas grises y en menor cantidad arenas finas correspondientes a los Depósitos fluviolacustres (Qfl).

5.3.1 Consideraciones Preliminares

La descripción de las Unidades Estratigráficas que afloran en la zona de estudio se realizó según el 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). En este trabajo se estableció el nombre de unidad informal a la “Unidad Extrusiva de Las Brisas” debido a que fue encontrada por primera vez en campo y no presentaba antes un registro estratigráfico. A las Formaciones Rosablanca y Paja se les dio igualmente el nombre de “Unidad Rosablanca-Paja” agrupándolas debido a que en el área de estudio estas formaciones se adelgazan demasiado con respecto a otras zonas del Valle Medio del Magdalena presentando litologías muy similares, lo cual hizo difícil establecer un límite entre ellas. En el caso de la “Unidad Volcanoclástica de Noreán”, se decidió conservar con este nombre debido a que esta unidad aún no es totalmente conocida dentro de la geología del país. Esperamos que con este trabajo y otros próximos se le asigne el nombre de “formación”.

5.3.1.1. Jurásico

En el área de estudio el Jurásico esta representado por rocas de afinidad lávica, tobas y sedimentos epiclásticos de la Unidad Volcanoclástica de Noreán.

5.3.1.1.1. Unidad Volcanoclástica de Noreán (J1-2n)

El nombre de esta unidad fue propuesta por Clavijo (1996), para designar una potente sucesión de rocas volcanosedimentarias aflorantes en alrededores del caserío de Noreán, Sur del Departamento del Cesar, la cual ha sido cartografiada en la plancha 75 por Ingeominas, tanto en el sector oriental de esta plancha (Serranía Los Motilones), como en el sector occidental (Serranía San Lucas). La unidad se encuentra constituida por una alternancia de tobas cristalinas y líticas, areniscas y lodolitas tobáceas, lavas dacíticas, andesíticas y riolíticas. Asociadas a estas rocas se presentan cuerpos hipoabisales (silos, diques) y efusivos brechoides (breccia pipe) de composición andesítica-dacítica y domos riolíticos.



Según Clavijo (1996) esta unidad se depositó en las cuencas sedimentarias del Valle medio del Magdalena y Cesar a principios y mediados del Jurásico. En la actualidad aflora en la mayor parte del flanco este de la Serranía de San Lucas en una faja de aproximadamente 30 Km de ancho por 150 Km de largo que va por el sector occidental de la Plancha 96, 85 y 75 y continua en la Plancha 65 y 55 haciendo parte de las estribaciones occidentales de la Serranía de Los Motilones.

La Unidad Volcanoclástica de Noreán corresponde a lo denominado por Bogotá y Aluja (1981), como el Conjunto Volcánico de edad Jurásico el cual se subdividió en tres niveles, uno de lavas acidas y brechas, otro de tobas, lahares y piroclásticos y un tercero de lavas básicas y rocas volcánicas.

Esta unidad se encuentra distribuida hacia el oeste ocupando casi el 80% del área total de la plancha. Forma una faja de dirección NNE-SSW que se adelgaza hacia el sur continuando en la Plancha 96 (ANEXO 2). Se caracteriza por presentar un relieve montañoso de escarpes y colinas alargadas disectadas por un drenaje subparalelo y subdendrítico que forma valles profundos en V (FIGURA 16), el cual se va tornando menos inclinado hacia el este en las cercanías de la Ciénaga de Simití donde forma colinas de pendientes suaves que limitan la base del Cretácico (FIGURA 17).



FIGURA 16. Panorámica tomada hacia el este de la plancha en el carreteable que se une con la vía Las Brisas-Santa Rosa del Sur. Se observa el relieve formado por cerros escarpados y colinas alargadas de la Unidad Volcanoclástica de Noreán (J1-2n), que están siendo disectados por los diferentes afluentes del Río Platanal ubicado en el valle.



FIGURA 17. Panorámica tomada hacia el este de la plancha en el carreteable paralelo al cauce de la Quebrada Jujamal. Se observa la geomorfología de colinas suaves y redondeadas de la Unidad Volcanoclástica de Noreán (J1-2n) cerca del contacto con la base de la Unidad Rosablanca-Paja (K1r K1p).



En el área de la Plancha 85-III-A, los principales afloramientos de esta unidad se encuentran distribuidos al oeste siguiendo los valles profundos formados por la acción erosiva de las Quebradas Platanal, Palestina, Playarica, San Lucas, Diego Felipe, Jujamal y Marcelo. También se pueden observar excelentes afloramientos de esta unidad en la carretera Santa Rosa del Sur-Simití donde muestra claramente la variación litológica de esta misma.

La litología predominante de esta unidad esta representada por riolitas y dacitas porfídicas; lavas riolíticas, andesíticas y dacíticas de textura porfídica formada por fenocristales de plagioclasa, cuarzo y feldespato potásico dentro de una matriz afanítica de estructura fluidal; tobas cristalinas, cristalinolíticas y líticas de composición dacítica, riolítica y andesítica con algunos fragmentos líticos y en menor proporción brechas volcánicas y lodolitas y areniscas tobáceas de color rojizo (ANEXO 3). Estas rocas están siendo cortadas en algunos lugares por diques de composición andesítica que se presentan pseudoestratificados con la secuencia volcanoclástica. En general las rocas de esta unidad se encuentran muy diaclasadas principalmente en los sectores cercanos al área de influencia de la Falla Simití en la vía Santa Rosa-Simití y de la Falla Las Brisas en el carreteable que se une con la vía Las Brisas-Santa Rosa.

A 200 m del margen derecho del Río Platanal hacia el suroeste de la plancha, se encuentra un carreteable que comunica con la vía Las Brisas-Santa Rosa, donde es posible observar la secuencia de rocas volcanoclásticas de Noreán constituidas por tobas riolíticas porfídicas con fenocristales de plagioclasa alterados a epidota y feldespato potásico en una matriz compuesta de cuarzo, feldespato potásico y moscovita. A medida que se avanza por el carreteable se observa una variación composicional en la roca donde se presenta un aumento en el contenido de feldespato potásico y minerales máficos en la matriz de las tobas. Mas adelante se encuentra un conjunto de lodolitas y areniscas finas tobáceas muy físciles de color rojizo en contacto neto con las tobas riolíticas descritas anteriormente (FIGURA 18) y continua un afloramiento restringido a un afluente del Río Platanal constituido por una brecha volcánica que presenta clastos de hasta 1 m de lodolitas tobáceas



rojizas y tobas riolíticas formando diques dentro de una matriz de arenisca tobácea conglomerática de color amarillo grisáceo (FIGURA 19). Esta roca se encuentra muy alterada presentando así una meteorización esferoidal.



FIGURA 18. Contacto entre rocas efusivas y rocas epiclásticas de la Unidad Volcanoclástica de las Brisas. Afloramiento localizado en el carreteable que se une con la vía Las Brisas-Santa Rosa donde se aprecia el contacto neto entre las tobas riolíticas porfídicas (arriba) y las lodolitas y areniscas tobáceas de color rojizo (abajo).



FIGURA 19. Brecha volcánica localizada en un afluente del Río Platanal. Se observan clastos de 1m de lodolita tobácea de color rojizo (derecha) y diques de 30 cm de espesor de tobas riolíticas en una matriz de arenisca conglomerática tobácea (izquierda).

Por último afloran nuevamente tobas riolíticas porfídicas pero a diferencia de las anteriores estas se encuentran muy diaclasadas dando la apariencia de cubos de diversos tamaños debido al acercamiento a la zona de cizalla producto del movimiento transcurrente de la Falla Las Brisas (FIGURA 20).



FIGURA 20. Afloramiento de tobas riolíticas de la Unidad Volcanoclástica de Noreán localizado en el carretable que comunica con la vía Las Brisas-Santa Rosa. Se puede observar el fuerte diaclasamiento y alteración que sufren las rocas como consecuencia de la acción de la Falla Las Brisas.



En la vía Simití–Santa Rosa, también se encuentran excelentes afloramientos de esta unidad donde es posible apreciar la variación litológica a lo largo del trayecto. Comenzando por la vía a 1 Km del Municipio de Santa Rosa se presentan riolitas y dacitas porfídicas con fenocristales de plagioclasa y cuarzo dentro de una matriz que varía de félsica a intermedia intercaladas con tobas riolíticas y dacíticas, la secuencia continua con lavas riolíticas y andesíticas de color verde pálido y tobas cristalinas dacíticas con cristales de plagioclasa, cuarzo y fragmentos líticos de hasta 5 cm de diámetro que se caracterizan por presentar una meteorización esferoidal (FIGURA 21). Siguiendo por la vía se comienza a observar un conjunto intercalado de areniscas y lodolitas tobáceas de coloración rojiza y rojo grisáceo. Más adelante se encuentran areniscas conglomeráticas líticas y arcósicas intercaladas con lodolitas tobáceas rojas grisáceas. Entre el Km 3 y 4 se encuentra un afloramiento de lavas andesíticas y riolíticas porfídicas con fenocristales de plagioclasa alterados a epidota que forman almohadillas dentro de rocas tobáceas riolíticas (FIGURA 22). Llegando al Km 5 por la vía, continúan las lavas andesíticas porfídicas con estructura fluidal, estas rocas van variando a lavas dacíticas donde el contenido de plagioclasa y cuarzo aumenta. En este sector las rocas presentan una deformación cataclástica en donde las diaclasas se repiten cada 10 cm en tres direcciones predominantes que son: N35°E con buzamiento 81°SE, N65°E con buzamiento 81°SE y N75°E con buzamiento 68°SE. Continuando por esta misma vía hacia el margen izquierdo se encuentra un afloramiento de tobas dacíticas y andesíticas porfiríticas que debido a la alteración muestran un color gris naranja. Siguiendo por el margen derecho se encuentra un dique de composición andesítica de color verde-violeta pseudoestratificado con las tobas dacíticas. En el Km 7 se observa un paquete espeso de intercalaciones de areniscas tobáceas finas de color grisáceo y lodolitas tobáceas de color violeta en donde es posible identificar la estratificación de dirección N55°E y buzamiento 52°SE; siguiendo la secuencia se encuentran aflorando andesitas porfiríticas con fenocristales de plagioclasa en una matriz fina de color verde oscuro. En el Km 8 se observan tobas dacíticas porfídicas que varían a riolíticas con cristales de plagioclasa, cuarzo y fragmentos líticos. Más adelante se encuentran aflorando riolitas con fenocristales de anfíbol y piroxeno en una matriz fina de feldespato

potásico, plagioclasa y cuarzo seguidas por andesitas porfídicas, llegando al km 9 de la Vía. En el Km 9 continua el afloramiento de andesitas porfíricas hasta llegar al Km 10 donde se comienzan a observar tobas riolíticas porfídicas.



FIGURA 21. Afloramiento localizado en el km 2 de la Vía Simití-Santa Rosa. Se observa la meteorización esferoidal que sufren las tobas cristalinas dacíticas de la Unidad Volcanoclástica de Noreán.

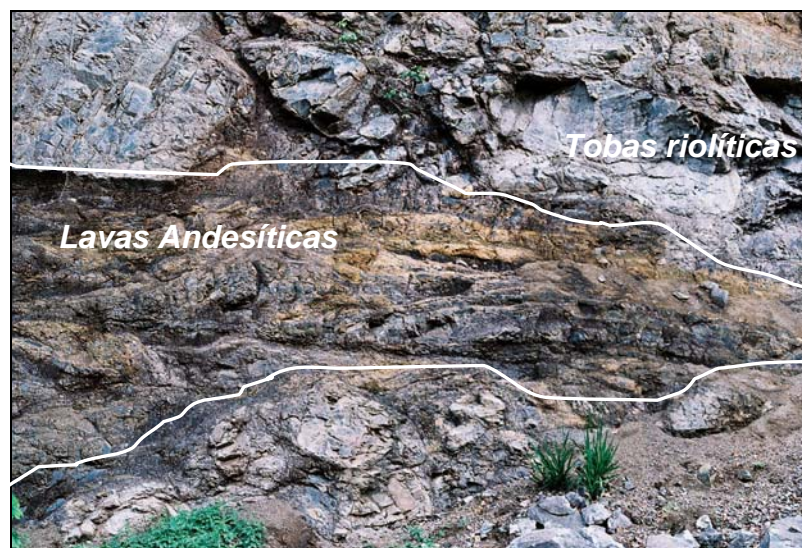


FIGURA 22. Afloramiento localizado entre el Km 3-4 de la Vía Simití-Santa Rosa. Se observan almohadillas de lavas andesíticas en contacto con tobas riolíticas.



En el Km 10 de la Vía Simití-Santa Rosa se observa una zona de cizalla, la cual representa el área de influencia mayor de la Falla Simití caracterizada por el contraste geomorfológico donde rocas de la Unidad Volcanoclástica de Noreán forman cerros de pendientes altas que se levantan sobre las rocas calcáreas de la Unidad Rosablanca-Paja que constituye colinas suaves, que llegan a formar planicies (FIGURA 12). En este sector la Unidad Volcanoclástica de Noreán se encuentra representada por un conjunto de tobas riolíticas porfídicas fuertemente diaclasadas que alcanzan una deformación cataclástica (FIGURA 23). Por otra parte la Unidad Rosablanca-Paja constituye una secuencia de calizas esparíticas y micríticas dispuestas en capas lenticulares delgadas muy alteradas que reflejan un tono amarillo-naranja y fácilmente disgregables como consecuencia de la acción de la Falla Simití donde su movimiento dextral y componente inversa producen el fracturamiento y desgaste masivo de la roca en este sector .



FIGURA 23. Afloramiento localizado a 10 m del Km 10 en la vía Simití-Santa Rosa. Se puede observar la deformación cataclástica que sufren las tobas riolíticas porfíricas de Noreán como consecuencia del efecto transpresivo de la Falla Simití.



Otra vía importante en la cual se puede seguir la secuencia de rocas volcanoclásticas de Noreán es la vía que conduce de Buenavista a Santa Rosa donde podemos observar lavas riolíticas con un avanzado estado de meteorización, continuando con lodolitas tobáceas de color rojizo. Más adelante se presentan riolitas con alto contenido micáceo y finalmente se encuentran tobas riolíticas porfídicas llegando al Municipio de Santa Rosa.

Hacia el noreste de la plancha, en las cercanías del afluente que parte del cauce principal de la Quebrada Platanal, la Unidad Volcanoclástica de Noreán presenta algunas venas de cuarzo con presencia de plagioclasa alterada a epidota y pirita diseminada. La coloración de estas venas es rosado-grisáceo.

En el área de la plancha la Unidad Volcanoclástica de Noreán infrayace en contacto discordante erosivo con la Unidad Rosablanca-Paja en la mayor parte de la plancha, que se caracteriza por la geomorfología de cerros alargados con pendientes moderadas donde las rocas jurásicas presentan buzamientos entre 40-50° hacia el SE, que son separadas de las rocas cretácicas por valles profundos y extensos formados por la socavación de los diferentes cauces y afluentes del Río Platanal, Caño La Fría y las Quebradas Diego Felipe y Marcelo, los cuales desembocan en la Ciénaga de Simití. Las rocas de la Unidad Rosablanca-Paja presentan buzamientos de 10-20° aflorando en colinas suaves que se hacen más planas hacia el piedemonte (FIGURA 24).



FIGURA 24. Panorámica tomada hacia el noreste de la plancha en cercanías a la Quebrada Diego Felipe. Se observa el contacto discordante erosivo entre la Unidad Volcanoclástica de Noreán (J1-2n) y la Unidad Rosablanca-Paja (K1r K1p).

En este sector las rocas jurásicas forman colinas de pendientes moderadas con poca vegetación en contraste con las rocas calcáreas que se caracterizan por formar colinas muy suaves de espesa vegetación.

En la parte sureste de la plancha, las rocas de la Unidad Volcanoclástica de Noreán se encuentran en contacto fallado con las rocas de la Unidad Rosablanca-Paja. Este contacto se observa claramente en el Km 10 de la vía Simití-santa Rosa donde por efectos del movimiento dextral e inverso de la Falla Simití el bloque colgante se levanta colocando las rocas Jurásicas de Noreán sobre las rocas Cretácicas de Rosablanca-Paja (FIGURA 12).

Según Clavijo (1996), la composición litológica de la Unidad Volcanoclástica de Noreán indican una sedimentación continental-epicontinental que estuvo influenciada por un volcanismo explosivo andesítico-dacítico, de intensidad



fluctuante. La depositación de las rocas volcánicas, volcanoclásticas y los sedimentos procedentes de su remoción, iniciaron el relleno de una paleocuenca en cuya génesis interactuaron de manera compleja y aún no clarificada, la subducción Pacífica al Occidente y la riftogénesis Caribe al Norte a comienzos del Jurásico (Estrada, 1972; Toussaint y Restrepo, 1976; Mojica y Franco, 1992) en lo que hoy corresponde a los valles del Magdalena Medio y Cesar.

La edad asignada esta ubicada tentativamente entre el Jurásico Inferior a Medio de acuerdo a las relaciones estratigráficas con la Formación Bocas que la infrayace, a la cual se le ha asignado una edad Jurásico Inferior (Remy *et al.*, 1975) y con la Unidad Cglomerática de Arenal cuya edad tentativa corresponde al Jurásico Superior.

La única evidencia paleontológica encontrada hasta ahora en esta unidad, fue colectada en el sector occidental del área de la Plancha 73-III-C, Cuadrícula I-13), Se trata de la impresión de la parte superior de una hoja. Las características generales sugieren que este fósil es un cicadófito que de acuerdo a estudios paleontológicos indica una edad no más antigua que el Jurásico Inferior (Moreno, comunicación escrita en Clavijo, 1996).

La Unidad Volcanoclástica de Noreán se ha correlacionado con la Formación Jordán y su parte basal (conjunto Clástico Piroclástico) está cartografiado como tal en la Plancha 76 por Daconte y Salinas (1980); hacia el norte se correlaciona con la sección volcanoclástica de la Formación Guatapurí en la Sierra Nevada de Santa Marta y Valle del Cesar (Tschanz *et al.*, 1969). También es correlacionable hacia el nororiente con la Formación La Quinta en la Serranía de Perijá (Maze, 1984) y hacia el sur en el Valle Alto del Magdalena con la Formación Saldaña (Cediel *et al.*, 1981).



5.3.1.2. Cretácico

En el área de estudio el Cretácico está representado por rocas calcáreas y lodosas de la Unidad Rosablanca-Paja.

5.3.1.2.1. Unidad Rosablanca - Paja (K1r K1p)

En este trabajo se utiliza este nombre compuesto para designar informalmente esta unidad debido a la dificultad de establecer un límite entre las dos formaciones y a la presencia de litologías comunes a ambas. Pues en el área de la plancha no se cuenta con suficientes afloramientos de lodolitas con la fauna fósil que caracteriza a la Formación Paja y en cambio si predominan calizas con un gran contenido de fauna fósil que representa la Formación Rosablanca. También debido a que 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, Según Morales *et al.*, (1958), fue propuesta por Wheeler (1929), en un informe inédito. El nombre deriva del Cerro Rosa Blanca, a unos 5 km al norte 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 La Paja fue descrita por Wheeler (1929), en un informe inédito (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.

En el área de la plancha esta unidad aflora en el extremo más oriental de la Serranía de San Lucas, en cercanías del margen occidental de la Ciénaga de Simití, formando una faja de dirección NNE-SSW, que es continua hacia el sur y que hacia el norte se presenta dispersa formando colinas alargadas de pendientes muy suaves inmersas a manera de remanentes en algunos sectores dentro de la Unidad Volcanoclástica de Noreán (ANEXO 2).

Los principales afloramientos de esta unidad se presentan en la Quebradas Diego Felipe, Marcelo, Las Panelas y Blanquicé; en los Caños la Fría y Los Pasos y en los diferentes afluentes que desembocan en la Ciénaga de Simití.

En la parte sur de la plancha, los afloramientos de la Unidad Rosablanca-Paja se presentan menos inclinados con buzamientos entre 10 y 20° hacia el NE y SE formando planicies, parcialmente cubiertas por depósitos cuaternarios con sistemas cársticos que se han generado por el avance del nivel base de erosión de la Ciénaga de Simití (FIGURA 25).

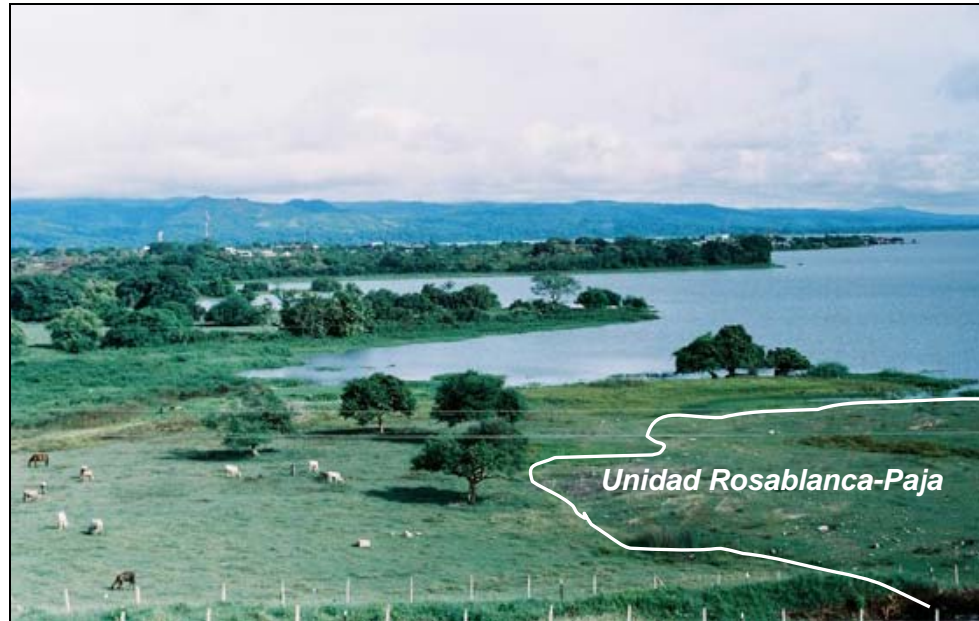


FIGURA 25. Panorámica tomada hacia el suroeste de la Ciénaga de Simití. Se muestran las planicies formadas por la Unidad Rosablanca-Paja que están siendo cubiertas parcialmente por depósitos cuaternarios. En estas planicies las calizas presentan buzamientos entre 5 y 10° hacia el NE.

La litología de la Unidad Rosablanca-Paja corresponde hacia la base a una secuencia de calizas conglomeráticas con algunos clastos alargados e irregulares de riolitas (FIGURA 26) y cuarzoarenitas con cemento calcáreo seguida de capas gruesas y medias lenticulares de calizas wackstones, packstones y esporádicamente grainstones intercaladas con capas delgadas de mudstone de colores grises amarillentos a grises oscuros que presentan algunas venas recristalizadas de calcita, fragmentos líticos, galerías de cangrejos y gran contenido fósil de bivalvos, ostreídos, gasterópodos y pellets; hacia la parte media se encuentran capas gruesas y medias de grainstones y capas delgadas de mudstones y wackstone con estratificación ondulosa no paralela que presentan fragmentos fósiles de amonites, bivalvos y ostreídos (FIGURA 27). Por último hacia el tope la secuencia consta de capas delgadas de lodolitas calcáreas de color negro muy fósiles con laminación planaparela y capas muy delgadas en menor cantidad de lodolitas arcillosas no fosilíferas (ANEXO 3).



FIGURA 26. Afloramiento ubicado en la Quebrada Diego Felipe, frente a la Ciénaga de Simití. Se observan Clastos alargados de riolitas que hacen parte de las calizas conglomeráticas basales de la Unidad Rosablanca – Paja.



FIGURA 27. Afloramiento a detalle localizado en la vía Simití-Santa Rosa. Se observa una caliza grainstone con abundante contenido fósil de bivalvos y ostreidos.



En la Vía Simití-Santa Rosa se observa una parte de la secuencia litológica de esta unidad comenzando desde el Km 10 en donde se encuentra la zona de cizalla generada por la Falla Simití que pone en contacto estas rocas cretácicas con la Unidad Volcanoclástica de Noreán. Debido a este fenómeno, no es posible identificar la base de esta unidad, pero se puede realizar un seguimiento avanzando por la vía hacia el Municipio de Simití que permite diferenciar las principales variaciones litológicas. En este sector se presentan capas muy delgadas onduladas no paralelas y lenticulares de calizas packstones y mudstones grises oscuras con fragmentos de bivalvos y ostreídos de hasta 15 cm de tamaño, seguidas por capas gruesas lenticulares de calizas grainstones grises amarillentas con fragmentos fósiles en un 70% intercaladas con capas delgadas de calizas wackstones (FIGURA 28). Más adelante se siguen las calizas wackstones grises claras pero en capas muy delgadas lenticulares separadas por láminas de calizas mudstones, continúa un paquete muy grueso de 1,4 m de espesor constituido por calizas grainstones grises amarillentas dispuestas en capas lenticulares con fragmentos de 6 cm de ostreídos con alternancia de láminas de calizas mudstones grises claras. Continuando se encuentran capas delgadas de calizas mudstone intercaladas con capas medias de caliza packstone gris clara con bivalvos de hasta 8 cm de longitud. Siguiendo por la vía, hasta llegar al Km 12 se presentan capas delgadas de calizas wackstones grises amarillentas con amonites de 20 a 30 cm de tamaño, bivalvos y ostreídos y capas gruesas de grainstone de color gris oscuro.



FIGURA 28. Afloramiento localizado más adelante del Km 10 por la vía Simití-Santa Rosa. Se observan capas gruesas de calizas grainstones con fragmentos de bivalvos y ostreídos dispuestas en la base y el techo, y capas delgadas de calizas wackstones en la parte media. Las calizas presentan una estratificación que varía de ondulosa no paralela a lenticular.

En la mayor parte del área de la plancha 85-III-A, la Unidad Rosablanca-Paja suprayace en contacto discordante erosivo con la Unidad Volcanoclástica de Noreán (FIGURA 24) e infrayace también en contacto discordante erosivo con los depósitos fluviolacustres pertenecientes a la Ciénaga de Simití y los humedales cercanos a ella (FIGURA 25). Este tipo de contacto no se sigue en todos los sectores donde aflora esta unidad, ya que en el Km 10, se encuentra en contacto fallado con la Unidad Volcanoclástica de Noreán debido al efecto transpresivo de la Falla Simití (FIGURA 12) y hacia la vía Simití-Cerro Burgos se presenta en contacto conforme con la Unidad Tablazo-Simití.

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 predominado



ambientes de baja energía abundante aporte de materia orgánica correspondiente a una plataforma más profunda.

En cuanto a recursos minerales la Unidad Rosablanca - Paja se considera generadora de hidrocarburos en la cuenca de Maracaibo y Valle Medio del Magdalena, y recientemente se le ha considerado con potencial almacenador debido a su porosidad secundaria y fracturamiento. Igualmente las calizas ricas en CaCO_3 , son materia prima para fabricación de cemento, vidrio, concentrados y otros usos.

Ward *et al.*, (1973), en el sector de Mesas y Cuestas, asigna a la Formación Rosablanca una edad que va desde Hauteriviano en el sur de la cuenca sedimentaria del Valle Medio del Magdalena hasta Barremiano en el norte de esta. En el área de estudio se recolectaron fósiles de amonites que permiten asignarle una edad Aptiano Superior.

Según Julivert (1968), la Formación Rosablanca, es oblicua respecto a las líneas isocronas; su edad sería Barremiano hacia el extremo Norte del Valle Medio (presencia de *Nicklesia* y *Pulchellia*), Hauteriviano hacia la región de la Mesa de Los Santos y San Gil y Valanginiano en Villa de Leiva.

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).

5.3.1.3. Terciario

En el área de la plancha el Terciario se encuentra representado por la Unidad Extrusiva de las Brisas que se dispone en contacto discordante con la Unidad Volcanoclástica de Noreán.

5.3.1.3.1 Unidad Extrusiva de Las Brisas (K2N1Ib)

A partir del reconocimiento geomorfológico y litológico en el sector de Las Brisas en la plancha 85-I-C, se propone una unidad de roca diferenciable de la Unidad Volcanoclástica de Noreán que aparentemente encaja discordantemente el segmento volcanoclástico de esta formación.

Como rasgos geomorfológicos característicos se identificaron domos alineados de composición granítica separados entre sí por colinas suaves redondeadas que varían a zonas muy planas que corresponden a calderas rellenas por material lávico o piroclástico (FIGURA 29). La morfología plana de estas zonas se define por el suelo actual con horizontes bien desarrollados, especialmente el nivel orgánico.



FIGURA 29. Panorámica tomada en el Sector de Las Brisas de la geomorfología característica de la Unidad Extrusiva de Las Brisas. Se muestran al fondo Domos graníticos y zonas planas de coladas de lava hacia adelante.



En el área de la Plancha 85-III-A esta unidad aflora hacia el norte en algunos sectores de la vía Santa Rosa-Las Brisas y cerca del cauce de las Quebradas Playarica, San Lucas y río Platanal (ANEXO 2). También se presentan importantes afloramientos en las Quebradas Santa Bárbara, Jogajoga y La Fría en la plancha 85-I-C.

La acción erosiva de las corrientes ha disectado y tallado los domos graníticos formando paredes con pendientes de hasta 70° por lo cual la presencia de suelos es prácticamente nula y la vegetación es escasa de tipo arbusto con raíces muy débiles (FIGURA 30 y 31).



FIGURA 30. Domo Granítico de la Unidad Extrusiva de Las Brisas disectado por la Quebrada La Fría. Fotografía tomada en el Sector de Las Brisas (Plancha 85-I-C).



FIGURA 31. Fotografía tomada de NW a SE de la morfología del borde norte de una caldera correspondiente a la Unidad Extrusiva de las Brisas. Esta formada por flujos lávicos y estructuras dómicas hipoabisales, bordeados por drenajes anulares.

Los domos que representan la Unidad Extrusiva de Las Brisas están compuestos por rocas de graníticas que varían a monzogranitos y cuarzomonzonitas de color rosado claro constituidas principalmente de feldespato potásico en mayor contenido, cuarzo y plagioclasa. La textura varía de fanerítica a porfirítica. En los sectores donde la pendiente es menor se observan perfiles de meteorización muy espesos. Las zonas planas ubicadas bajo los domos están compuestas de lavas que varían de andesíticas a dacíticas caracterizadas por presentar un alto contenido de feldespato potásico, plagioclasa y micas y un bajo contenido de cuarzo (ANEXO 3).

La ubicación de estos domos graníticos en la plancha están controlados por estructuras de dirección NW, que permitieron el emplazamiento de estos cuerpos, los cuales se encuentran alineados en esta misma dirección (FIGURA 32 y 33).

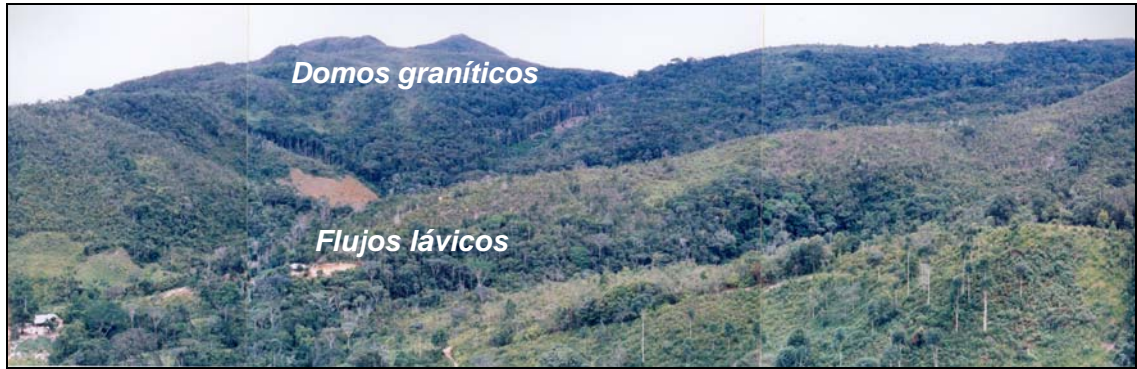


FIGURA 32. Panorámica tomada a las rocas de la Unidad Extrusiva de Las Brisas (sector de Las Brisas). Al fondo se observan los domos graníticos alineados en dirección NW y adelante los derrames lávicos asociados que forman colinas suaves.



FIGURA 33. Fotografía tomada de NW a SE, en el Alto de la Y (sector de Las Brisas). Muestra domos de granitoides de la Unidad Extrusiva de las Brisas alineados en dirección NW.

Hacia el norte de la plancha, cerca al cauce principal de la Quebrada Santa Bárbara, se encontraron venas de cuarzo de espesores decimétricos con alto contenido de sulfuros, principalmente pirita, emplazadas en rocas graníticas. Las venas presentaban una dirección predominante $N60^{\circ}E$ con un buzamiento de casi 90° hacia el E.



Los suelos desarrollados por esta unidad son mucho más orgánicos y arcillosos, que los suelos formados por la Unidad Volcanoclástica de Noreán, lo cual indica que podría tratarse de un evento muy reciente de edad Plioceno – Pleistoceno, sin embargo esta edad solo se puede asignar después de realizar dataciones radiométricas a estas rocas.

5.3.1.4. Cuaternario

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 que están asociados genéticamente a la dinámica fluvial del Río Magdalena. En el área de la plancha se distinguen Depósitos de Llanura de Inundación (Qfal) y Depósitos Fluviolacustres (Qfl), los cuales se identificaron teniendo en cuenta aspectos topográficos, geomorfológicos y litológicos de la zona (ANEXO 3).

5.3.1.4.1. Depósitos de Llanura de inundación (Qfal)

Se presentan distribuidos hacia el extremo noreste de la plancha haciendo parte de las zonas más planas del piedemonte que en algunas ocasiones forman terrazas sobre los Depósitos Fluviolacustres (ANEXO 2). Estos depósitos son generados por la acumulación de sedimentos procedentes de drenajes mayores y secundarios que son desbordados durante épocas de crecidas e inundan las zonas deprimidas adyacentes. Estas áreas de acumulación se encuentran propensas a inundaciones recurrentes, pero en épocas de sequía pueden emerger y estar cubiertas por vegetación, formando zonas pantanosas.

En la zona de estudio estos depósitos llegan a cubrir y erosionar parte de las rocas de la Unidad Volcanoclástica de Noreán.



La litología predominante de estos depósitos esta formada por cantos redondeados y subredondeados de 3 a 10 cm compuestos de rocas ígneas y sedimentarias de las unidades infrayacentes, los cuales están embebidos dentro de una matriz areno-lodosa de color gris que en algunas ocasiones presenta colores amarillos y rojos debido a procesos de oxidación locales.

5.3.1.4.2. Depósitos Fluvio lacustres (Qfl)

Se encuentran distribuidos en toda el área de humedales localizados en los alrededores de la Ciénaga de Simití donde se observan algunas terrazas de playa que separan estos depósitos de las zonas de aporte fluvial (ANEXO 2). Dentro de esta unidad también se observan zonas asociados a deltas y paleodeltas de antiguas corrientes de agua que desembocaban en las zonas lacustres.

En general predominan lodos de color oscuro con buen contenido de materia orgánica y arcillas grises probablemente caoliníticas, producto de la meteorización de rocas de la Unidad Volcanoclástica de Noreán y en otros casos arenas finas como resultado de la depositación en ambientes de baja energía que permiten el deposito de granulometrías finas. La vegetación de humedales es la principal contribución de los materiales orgánicos de estos depósitos (FIGURA 34).



FIGURA 34. Fotografía tomada hacia el SE de la plancha de los depósitos fluviolacustres formados en los alrededores de la Ciénaga de Simití.

5.4 GEOLOGIA ESTRUCTURAL

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 35).

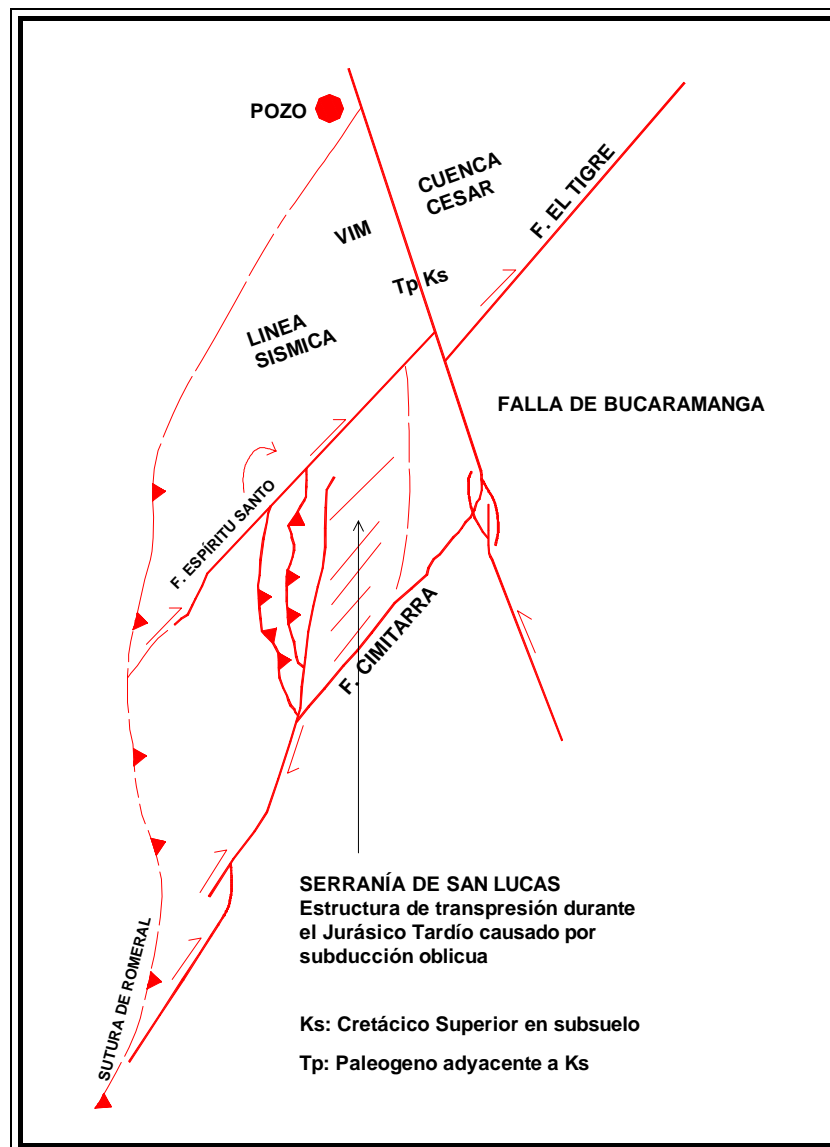


FIGURA 35. Estructura transpresiva de la Serranía de San Lucas asociada a la Falla Palestina. Modificado de Barrero (2001).



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 a la cordilleras 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 35). 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 dextrales que al interior particionan el sistema deformativo controlando específicamente zonas de influencia más pequeñas. En este proceso es posible entonces encontrar zonas donde los campos de esfuerzo local cambian desde transurencia a transpresión o transtensión, induciendo características deformativas particulares.

A nivel regional el sistema deformativo está representado por una estructura transpresiva dextral de dirección NE tipo flor positiva (FIGURA 36), la cual cruza la región límite al sur de la plancha 85. Esta estructura geoméricamente es asimétrica con la estructura principal ubicada al W del sistema, denominado Falla Las Brisas de carácter dextral. Hacia el E el sistema evoluciona a estructuras sinuosas de carácter dextral que forman rotaciones horarias típicas de cizalla simple en un ancho aproximado de 20 km.

En el sistema las fallas interiores se comportarán como transcurrentes-inversas, por lo cual podemos decir que la zona está en compresión y por lo tanto sometida a levantamiento.

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, planchas 85-I-B y 85-I-D). De igual manera los depósitos Cuaternarios y en especial el cauce del Río Magdalena son claramente controlados 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.

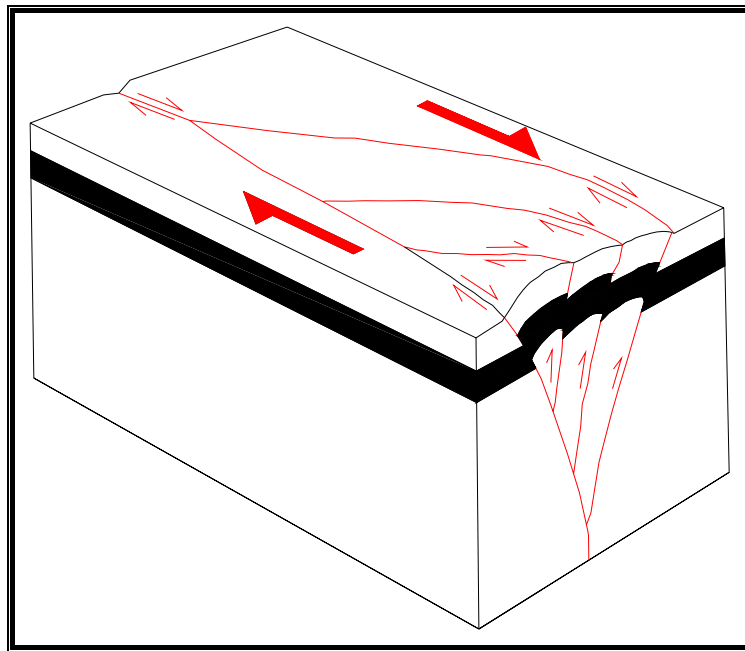


FIGURA 36. Modelo idealizado de una estructura en flor positiva de componente dextral.

5.4.1. Consideraciones Preliminares

La toma de datos estructurales en campo se realizó siguiendo con los parámetros propuestos por el INGEOMINAS, con la toma del azimuth del rumbo y la cantidad del buzamiento (ej: 130/46), para superficies estructurales como planos de estratificación, planos de diaclasa, planos de falla, dirección de estrias 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 la plancha 85 en el marco del Proyecto San Lucas (UIS-INGEOMINAS). El análisis tectónico de la zona de estudio ha sido estructurado con la colaboración del geólogo Jairo Osorio; quien hace parte del grupo de geodinámica del INGEOMINAS–Bogotá y geólogo encargado del procesamiento de datos estructurales en el proyecto realizado en el convenio UIS-INGEOMINAS. Para el modelo estructural que se presenta en el siguiente capítulo también se tuvo en cuenta un modelo geotectónico (no publicado), el cual el INGEOMINAS ha venido complementando hace varios años mediante la integración de diferentes estudios realizados en diferentes zonas de los Andes Colombianos.

5.4.1.1. Falla Las Brisas

Corresponde a la estructura principal que controla la transurrencia del sistema de flor positiva de Las Brisas. Esta estructura tiene su mejor expresión topográfica cerca al Corregimiento de Las Brisas, allí los desplazamientos del relieve en componente dextral se continua por cerca de 8 km, para posteriormente llegar al piedemonte y seguir hacia el NE cortando y controlando aspectos del drenaje asociados al brazo de Simití del Río Magdalena.

A partir de esta estructura hacia el W el bloque colgante del desplazamiento dextral presenta una asociación de estructuras antitéticas ortogonales a la falla principal, donde el magmatismo de la Unidad Extrusiva de Las Brisas ha sido desarrollado. El control estructural sobre estas rocas volcánicas es evidente, de esta manera este proceso esta relacionado a un campo de esfuerzo local transtensivo de segundo orden, en el campo de deformación del sistema transcurrente mayor (FIGURA 37). En la zona de estudio afloran al norte de la plancha donde se encuentran domos graníticos que representan la fase intrusiva de la unidad y depósitos de flujos de lava subhorizontales como consecuencia de

colapsos laterales en los domos los cuales hacen parte de la fase extrusiva. (FIGURA 38).



FIGURA 37. Tomada de NE a SW. Aspectos morfológicos del desplazamiento del relieve en componente dextral asociados a la Falla Las Brisas.



FIGURA 38. Fotografía tomada de NW a SE desde el Cerro la Unión en el Sector de Las Brisas. Muestra el valle de Caracolí, en primer plano relleno de flujos lávicos riolíticos e intrusivos granitoides hipoabisales (↓) de la Unidad Volcánica de Las Brisas.

En el área de estudio el trazo principal de la falla se dispone en dirección SW-NE cortando rocas pertenecientes a la Unidad Volcanoclástica de Noreán y se puede seguir por la carretera que de Santa Rosa conduce a Las Brisas. En los deltas LP85069 al LP85073 y RF85075 al RF85085 (ANEXO 4) se encontraron

superficies de diaclasamiento relacionadas con esta falla donde son afectadas lavas riolíticas, tobas litocristalinas y areniscas y lodolitas tobáceas de la Unidad Volcanoclástica de Noreán, (FIGURA 39 y 40)



FIGURA 39. Deformación cataclástica en el bloque colgante muy cerca de la zona de cizalla principal de la Falla las Brisas. A la izquierda lavas riolíticas de la Unidad Volcanoclástica de Noreán fuertemente diaclasadas, a la derecha depósitos de tobas litocristalinas de la misma formación afectadas por 3 direcciones de diaclasamiento.

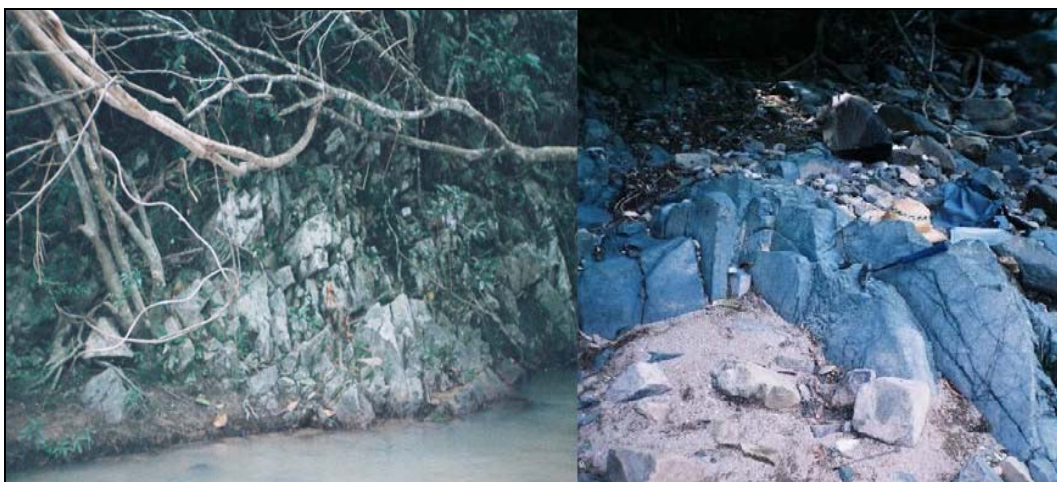


FIGURA 40. Lavas riolíticas de la Unidad Volcanoclástica de Noreán con alto grado de fracturamiento en la zona de cizalla formada por la Falla de las Brisas. Delta RF85080 a la derecha y RF85083 a la izquierda.

Dentro del área de influencia de la falla también se encuentran fallas de rumbo menores ortogonales a esta de componente sinistral como la registrada en los deltas JP85015- JP85016 (ANEXO 4).

5.4.1.2 Falla Simití

Hace parte del sistema interno de la flor positiva del sistema Las Brisas, su geometría sinuosa de carácter dextral se extiende de SW a NE afectando rocas de la Unidad Volcanoclástica de Noreán donde genera deformación cataclástica cerca de la falla, cambiando hasta sistemas de fracturas conjugadas que bajan de intensidad a medida que se aleja de ella. En el sector del Km 10 de la vía Santa Rosa – Simití, esta falla se curva en dirección EW y pone en contacto fallado la Unidad Volcanoclástica de Noreán con la secuencia sedimentaria calcárea de la formación Rosablanca – Paja con un sistema de fracturas dextrales. En este sitio las rocas Jurásicas se encuentran levantadas más de 200 m por encima de las rocas cretácicas, indicando que esta falla buza al NW y tiene en esta curva transpresiva una componente inversa importante (FIGURA 41).

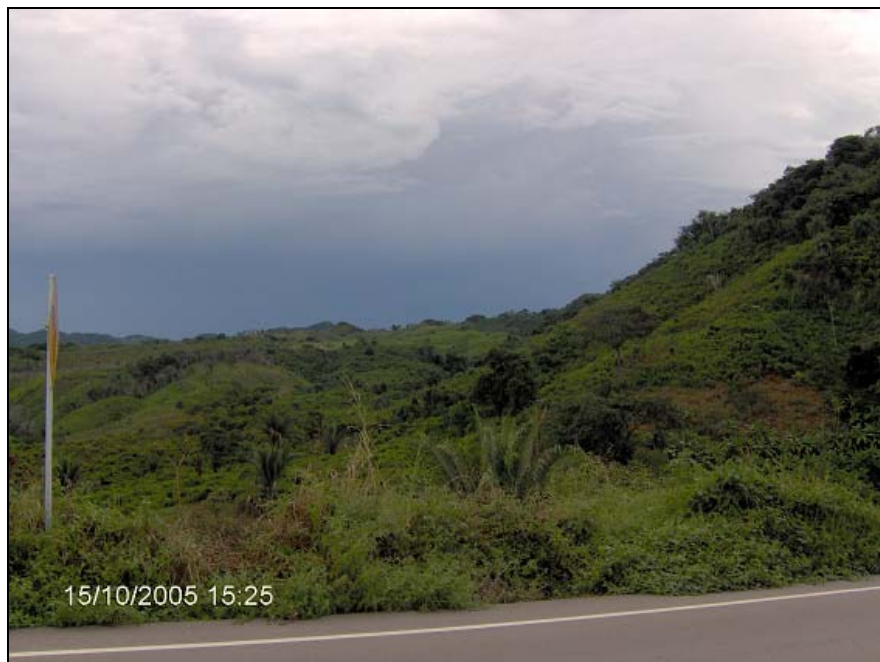


FIGURA 41. Vista al Sur Morfología del contacto fallado de la Unidad Volcanoclástica de Noreán a la derecha y la secuencia calcárea Cretácica a la izquierda.

El sistema de Flor positiva constituido por las Fallas Simití y Las Brisas con desplazamientos dextrales y componentes inversas generan un leve cabalgamiento de la Unidad Volcanoclástica de Noreán sobre las rocas de la Unidad Rosablanca-Paja (FIGURA 42).

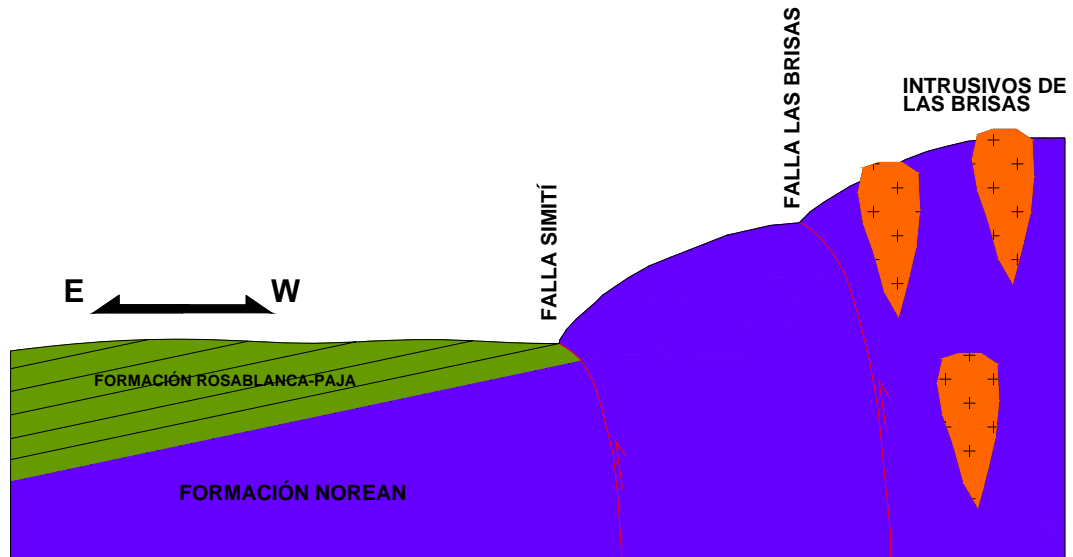


FIGURA 42. Modelo idealizado de cómo en un sistema de Flor Positiva la Unidad Volcanoclástica de Noreán actúa como bloque colgante sobre la formación Rosablanca-Paja (Bloque hundido), mediante fallas de rumbo dextrales con componente inversa.

Evidencia del levantamiento rápido de las rocas de Noreán que actúan como el bloque colgante son las fallas normales y normales lítricas presentes a manera de deslizamientos en la zona cercana a la falla, que indican un efecto gravitacional por exceso de carga en este bloque (FIGURA 43).



FIGURA 43. Falla normal que corta la Unidad Volcanoclástica de Noreán en el bloque colgante de la falla Simití. Este proceso es compensado en el bloque yacente en una estructura sinclinal a manera de un pliegue de arrastre que afecta las rocas Cretácicas.

Cerca al municipio de Simití esta estructura se orienta de nuevo hacia el NE controlando el cauce del Río Magdalena, donde los índices morfológicos de control de drenaje permiten su continuidad a largo de la plancha. En esta región la secuencia cretácica expuesta en las paredes de Ororia presenta pliegues tipo S cuya geometría indica un avanzado estado de deformación en cizalla simple.

Esta falla en la zona de estudio se encuentra en el límite sur-este cortando rocas de la Unidad Rosablanca-Paja donde su movimiento se evidencia con un desplazamiento de casi 500 metros de la secuencia Cretácica al oeste del municipio de Simití, y más al noreste controla la cuenca de la ciénaga de Simití lo que evidencia un tectonismo reciente en esta área.



En los deltas IQ85154 y IQ85155 (ANEXO 4) las rocas de la Unidad Rosablanca-Paja se disponen sobre rocas de la Unidad Volcanoclástica de Noreán aflorando en las partes más altas de los cerros. En estas estaciones que se encuentran en el área de influencia de la falla se disponen mayores buzamientos en el bloque colgante (oeste) y menores en el yacente. Esta flexura evidencia los esfuerzos por movimientos de tipo transpresivos en este sector de la Serranía.

5.4.1.3. Falla Santa Rosa

Esta falla se encuentra al sur de la zona de estudio entre la Falla de Las Brisas y la falla de Simití dentro del sistema de flor positiva principal de las Brisas. Es una falla antitética ortogonal a la Falla de Simití, de segundo orden, en la cual se destaca su componente sinistral. Esta falla afecta rocas de la Unidad Volcanoclástica de Noreán donde produce fuertes fracturamientos en una zona de cizalla de aproximadamente 40 metros. El registro de esta falla en el presente estudio se encuentra al norte de la plancha 85 III C, en el límite con la plancha 85 III A en los deltas JO85005 al JO85007. En este lugar se disponen cuerpos porfídicos que forman colinas suaves y onduladas que contrastan con las planicies estructurales de las lavas riolíticas de la Unidad Volcanoclástica de Noreán, con un alto grado de fracturamiento. La morfología del pórfido esta relacionada a formas típicas de una zona de falla mayor que lo controla y contrasta con la topografía plana semiondulada de las lavas. La Falla Santa Rosa en el mapa de dirección tiene una dirección de N50°W con buzamiento 82° al SW y es de tipo sinistral normal. En la zona de mayor influencia de la falla se presenta el contacto fallado de lodolitas silíceas recristalizadas intensamente, localmente con estructura cataclástica. Estas últimas se encuentran interestratificadas con las lavas riolíticas. En la zona es muy común encontrar planos de falla normales lístricos que cortan la secuencia de lavas y deslizan bloques en dirección Este. Este evento esta relacionado a bloques diferencialmente más levantados que inducen a la formación de estos deslizamientos gravitacionales.



5.4.1.4. Falla San Blas

Junto con la Falla Simití limitan la flor en su costado oriental. La Falla San Blas es una estructura de rumbo dextral contenida dentro de la estructura transpresiva principal de Las Brisas. En su fase transcurrente esta estructura genera claros índices de deformación asociados a desplazamiento de relieve, control del drenaje ruptura del cuaternario, y una fuerte expresión de cizalla en las rocas de la Unidad Volcanoclástica de Noreán.

Al SW esta falla afecta la Unidad Volcanoclástica de Noreán con zonas de cizalla discreta de algunos cientos de metros de espesor. La característica principal es que cerca de la falla predomina la deformación cataclástica y gradualmente hacia fuera en el bloque colgante, la deformación cambia a sistemas de fracturas conjugadas (varias de ellas abiertas en direcciones antitéticas, son rellenas de cuarzo en espesores no mayores a 20 cm).

Cerca la Municipio de San Blas esta estructura controla por más de 5 Km. de forma lineal aspectos del relieve y del drenaje emplazados sobre rocas de la Unidad Volcanoclástica de Noreán, donde profundos cañones rectilíneos marcan la continuidad de su rasgo (FIGURA 44).



FIGURA 44. Vista E a W Control rectilíneo de aspectos del relieve y el drenaje asociados a la Falla San Blas.

Al norte de San Blas, esta estructura controla depósitos cuaternarios de piedemonte en los cuales el índice más común es la formación de escarpes de cara libre al NW y SE indicando una clara componente dextral, así mismo esta relacionado con drenajes obsecuentes que drenan en dirección SW opuesta a la dirección NE del drenaje principal próximo algunas decenas de metros de este. Por cerca de 4 km la ruptura de depósitos cuaternarios enfrentados a la rocas básicas del Noreán es el aspecto más común (FIGURAS 45 y 46). Cuando esta estructura corta al Río Inanea genera un salto vertical de aproximadamente 1.5 metros levantando el bloque norte con un plano inclinado al NE, evidencia contundente de su reciente actividad (FIGURA 47).

En la plancha 85 III A el trazo principal de la falla se ubica en la esquina SE al sur del municipio de Simití y al este de la ciénaga del mismo nombre, el cual se puede seguir por la vía que de Simití conduce al municipio de San Blas. Los principales rasgos generados por el movimiento de esta falla en la plancha se pueden observar al sur-este en la zona límite con la plancha 85 III C.



FIGURA 45. Morfología de escarpes de caras opuestas asociados al trazo sobre depósitos cuaternarios de la falla San Blas.



FIGURA 46. Depósitos Cuaternarios (Q) enfrentados a rocas basales de la Unidad Volcanoclástica de Noreán (J1-2n), como efecto de la transurrencia de la Falla de San Blas.



FIGURA 47. Salto de 1.5 m del bloque norte de la Falla San Blas que afecta el Río Inanea, en la zona del puente sobre la vía Simití-San Blas. Nótese el rápido causado por el cruce de la falla sobre el cauce actual.



Al sur de la plancha 96 se observan estructuras de dirección NE que de forma rectilínea controlan rasgos morfológicos del drenaje y el paisaje. Cuando estas estructuras llegan al piedemonte controlan la depositación de pequeños abanicos asociados a escarpes formados en las rocas de la Unidad Real – Mesa

Al sur de la estructura en flor una solución transtensiva controla las características depositacionales de esta zona. Un basculamiento en dirección SE produce cambios significativos en la geometría de la cuenca con referencia a lugares más al norte. Esta estructura se une a la Falla Simití y en dirección NE controla los aspectos morfológicos del brazo Simití del Río Magdalena.

En la plancha 96 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 depositacional 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, 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 48 y 49).

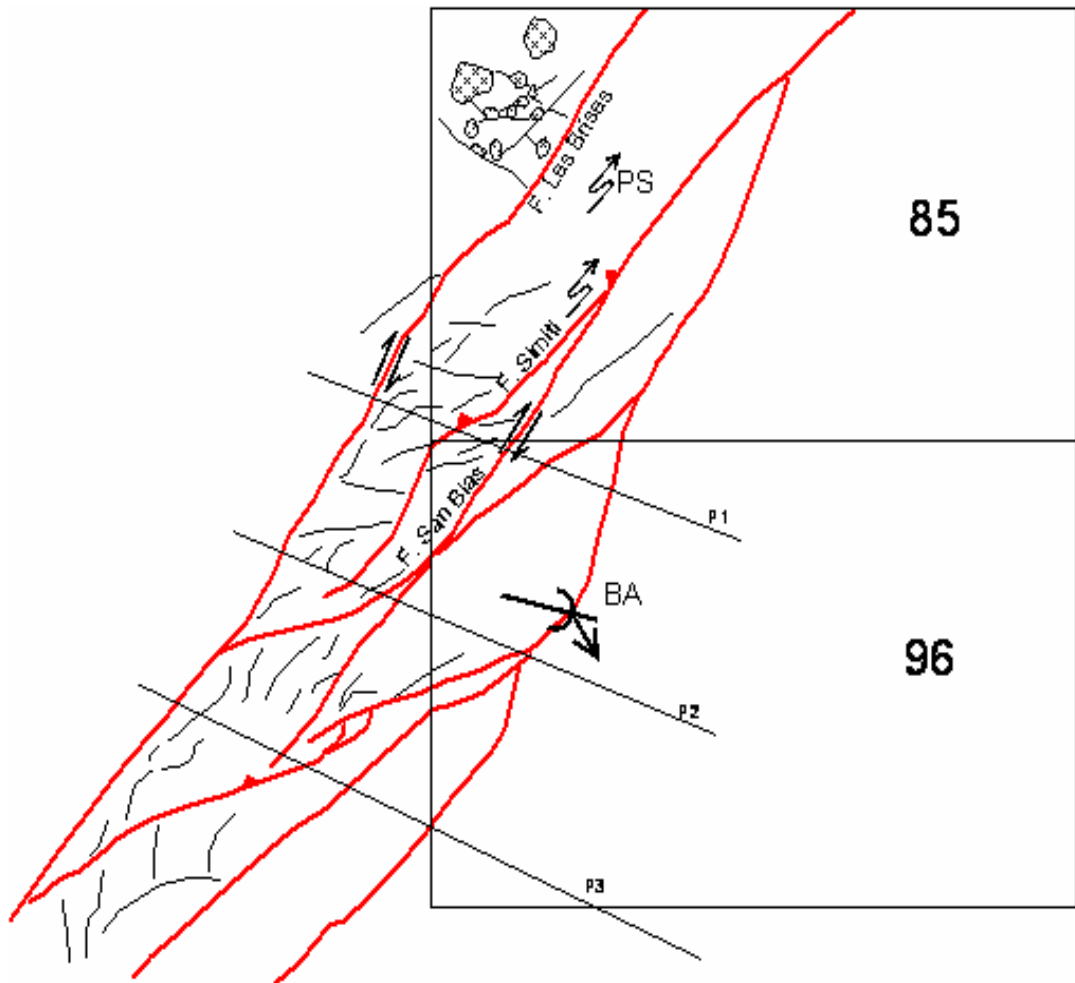


FIGURA 48. Esquema estructural de la geometría de la flor positiva del sistema Las Brisas. BA-basculamiento por flexura. PS-pliegue de arrastre tipo S. Achurado Cruz-vulcanismo de Las Brisas.

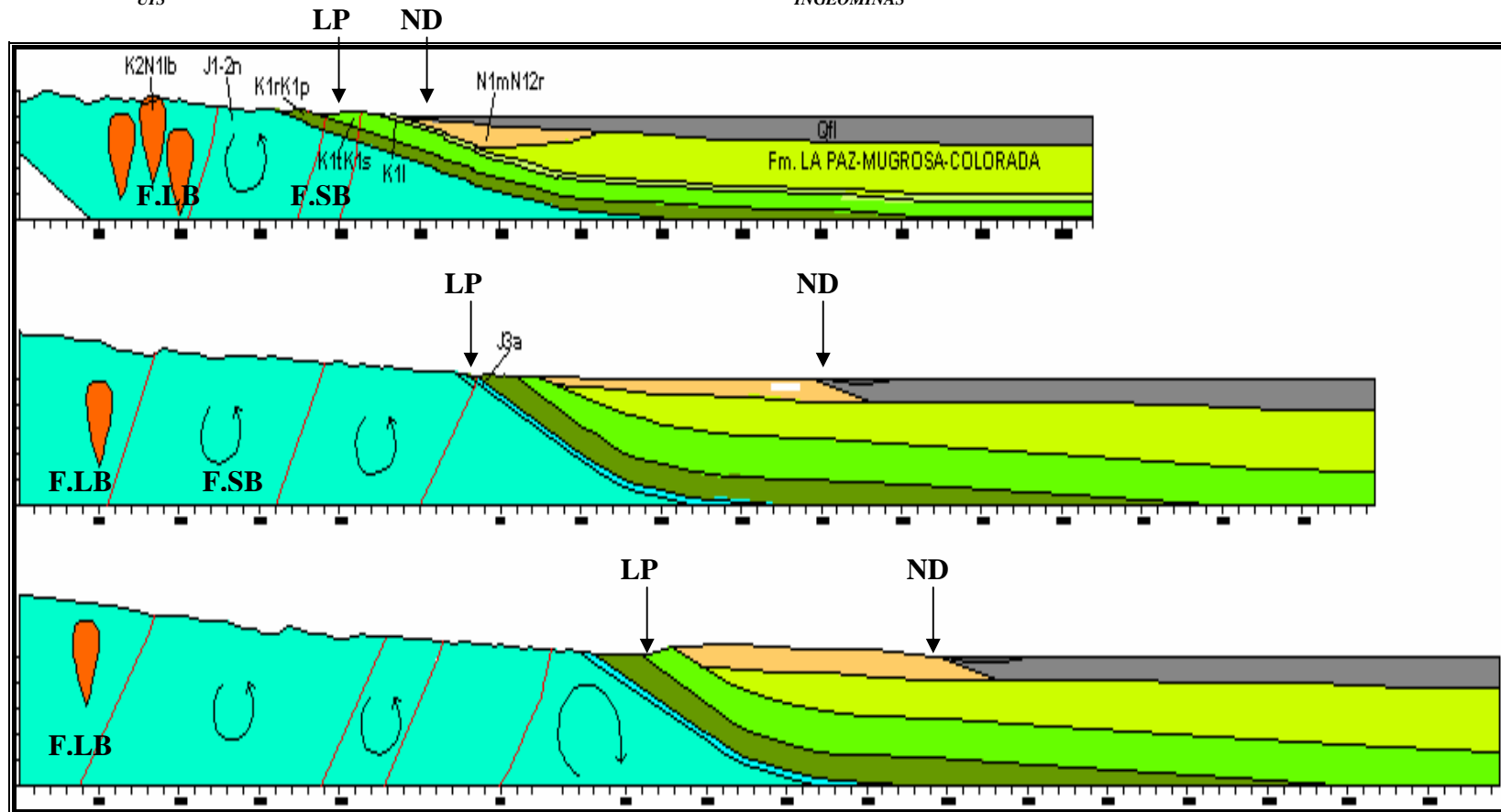


FIGURA 49. Evolución de la rotación flexural del Valle del Magdalena por levantamiento transpresivo del sistema de flor positiva Las Brisas. LP-Línea de piedemonte, ND-nivel de depositación actual, F. LB-Falla Las Brisas, F.SB-Falla San Blas, Qf-Cuaternario; N1mN12r-Depósitos de la Unidad Real-Mesa; K1rK1p, K1tK1s, K2l secuencia Cretácica; J1-2n y J3a, secuencia Jurásica. Arcos indican la dirección de rotación. Relleno naranja cuerpos volcánicos de Las Brisas.



5.5 PETROGRAFÍA DE ROCAS

La petrografía de las secciones de roca para esta plancha se realizó a rocas de la Unidad Volcanoclástica de Noreán y para del Cretácico representado por rocas de la Unidad Rosablanca-Paja.

5.5.1 Consideraciones Preliminares

La recopilación de los datos obtenidos en análisis petrográfico de las diez (10) secciones delgadas se realizó siguiendo con los parámetros propuestos por el INGEOMINAS integrando la información en un formato el cual se presenta como anexo a la Tesis, el cual resalta la descripción macro y microscópica de la roca y sección respectivamente junto con las características ópticas, composicionales y texturales adquiridas mediante el análisis visual de la sección. Las muestras seleccionadas para sección delgada corresponden a rocas relativamente frescas que representan los sectores en donde fueron realizados los recorridos en las cuales ellas fueron recolectadas. Hacia el suroeste de la FIGURA 50 no se realizó sección delgada de roca debido a la falta de recorridos en este sector por causas inherentes a la zona de estudio.

Para el Cretácico se seleccionó una muestra de la plancha para sección delgada y otra para esta misma unidad ubicada en la plancha 85-III-C. Esto debido a que en la zona de estudio la disposición de las rocas Cretácicas limitaba la recolección de las mismas.

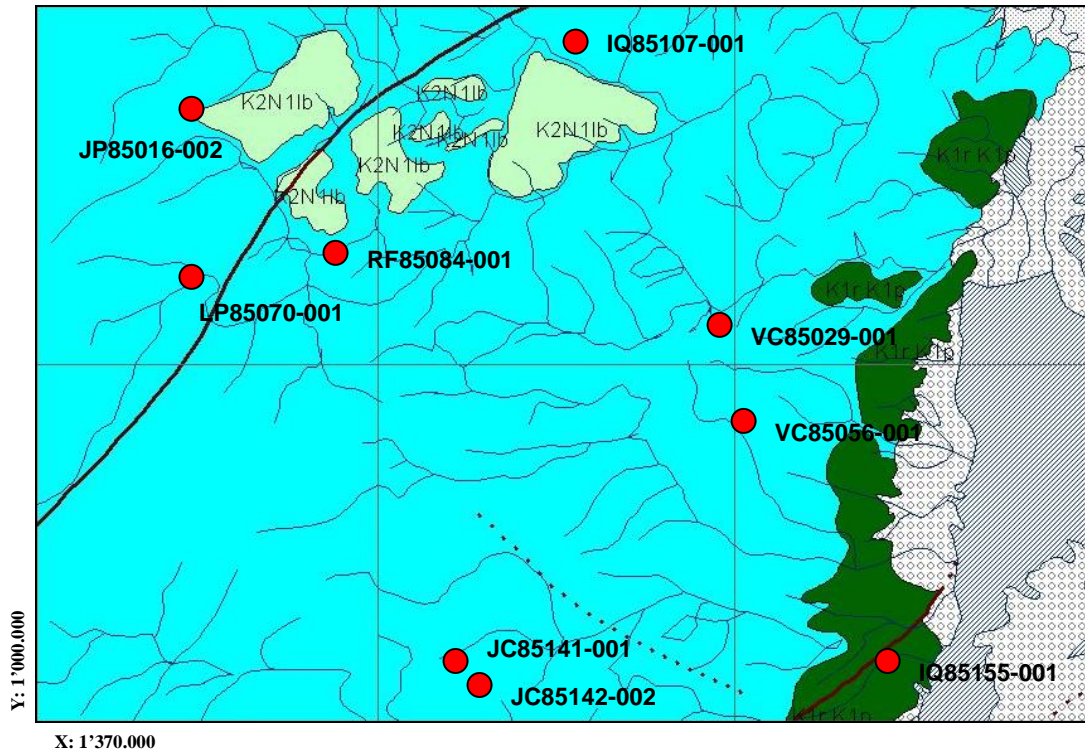


FIGURA 50. Localización geográfica de las muestras para sección delgada.

5.5.1.1 Rocas Jurásicas

El Jurásico en la zona de estudio está representado por rocas de la Unidad Volcanoclástica de Noreán, caracterizadas en campo como lavas en su mayoría riolíticas, andesíticas y dacíticas; tobas cristalinas y cristalino-líticas y en menor cantidad areniscas y lodolitas tobáceas. Para este trabajo se analizaron ocho (8) secciones delgadas distribuidas aleatoriamente en la superficie de la plancha como lo muestra la FIGURA 50.

Las secciones en general corresponden a muestras de lavas riolíticas y dacíticas con ocurrencia de cristales feldespáticos, cuarzo, micas, olivinos, anfíboles, piroxenos, minerales opacos, fragmentos de roca y minerales de alteración como sericita, caolinita, epidota y clorita. La matriz en algunas secciones es de predominio sericítico y en otras caolinítico. Los fragmentos de roca aparecen en la mayoría de las secciones pero con porcentajes menores al 10%. Esto junto con características como flujos en la matriz, orientación de los minerales y bajo retrabajamiento de estos últimos permitieron definir que la mayoría de las muestras corresponden a rocas de origen lávico. Los minerales

más ocurrentes en las secciones son los Feldespatos Potásicos y las Plagioclasas, de los cuales se derivan los altos contenidos de caolinita y sericita en las secciones.

Debido a que el buzamiento general de las rocas de la Unidad Volcanoclástica de Noreán es hacia el Este, en la plancha las partes más basales de la unidad se encuentran hacia el oeste.

La muestra analizada ubicada más al oeste de la plancha corresponde a la sección JP85016-002 (Ver ANEXO 6), en esta muestra se encuentran cristales de afinidad intermedia junto con fragmentos de roca en una proporción menor al 10% en una matriz principalmente sericítica con caolinita y corresponde a una lava riolítica porfídica (FIGURA 51).

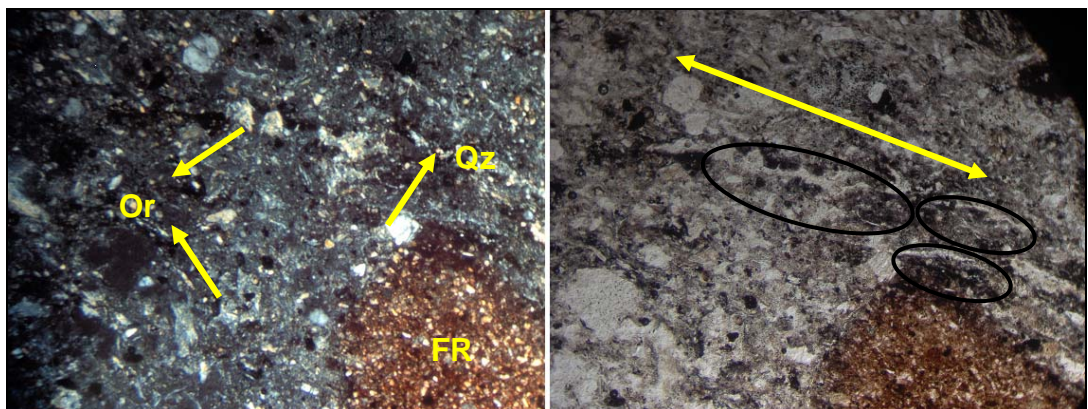


FIGURA 51. Sección delgada de la muestra JP85016-002. A la izquierda en nicols cruzados (NC) cristales de tamaño muy fino de cuarzo (Qz) y ortoclasa (Or), con un grano de tamaño medio de fragmento de roca de color marrón (FR). A la Derecha en nicols paralelos (NP) se puede apreciar la orientación de los cristales alargados indicando direcciones de flujo (\leftrightarrow).

Más hacia el este de la plancha o hacia el tope de la Unidad se analizó la muestra LP85070-001. Esta muestra corresponde a un Cuarzo-Lacita en donde se disponen cristales de afinidad intermedia junto con fragmentos de roca, en proporciones muy similares a la muestra anterior. Lo particular en esta muestra son las estructuras de flujo, con claras evidencias en la disposición de la matriz entre los espacios generados por los cristales, con formas curvas y

con orientación de los cristales de menor tamaño y los de formas alargadas (FIGURA 52).

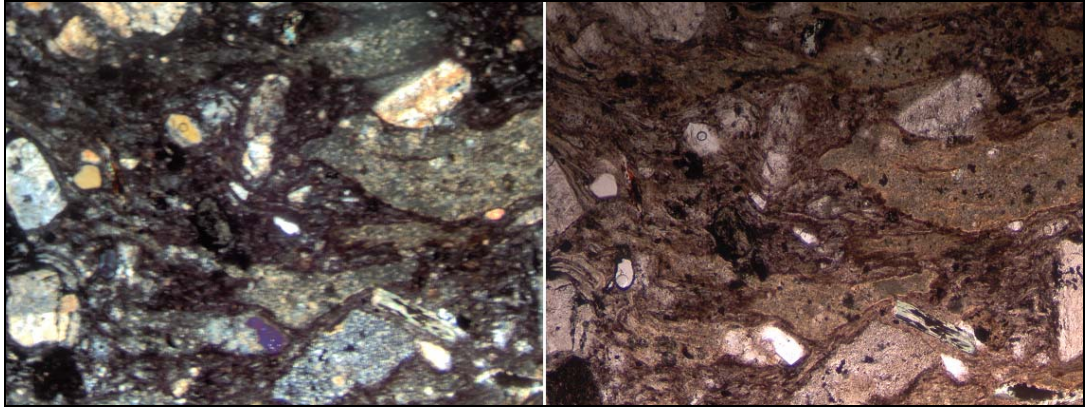


FIGURA 52. Sección delgada de la muestra LP85070-001. Izquierda NC y Derecha NP. Claras estructuras de flujo en la matriz y orientación preferencial de los fenocristales.

En las dos muestras anteriores el tamaño de grano de los fenocristales es muy variable con cristales y granos de tamaño medio y fino hasta minerales microcristalinos. Este comportamiento podría estar relacionado con la influencia de los esfuerzos tectónicos producidos por la falla de las Brisas en el bloque colgante, debido que la toma de estas dos muestras se realizó en la zona de influencia de la misma.

Mas hacia el este de la plancha se ubica la muestra RF85084-001 que corresponde a una lava riolítica porfídica. Esta muestra, como particularidad presenta un contenido más alto de matriz caolinítica, la procedencia de este producto puede estar relacionado con la desvitrificación en los materiales vítreos de la matriz de la lava en un proceso que permite la neoformación de caolinita, además de los productos de alteración del feldespato potásico. Esta matriz es criptocristalina y su disposición entre los cristales y alrededor de ellos permite definir las direcciones de flujo (FIGURA 53).

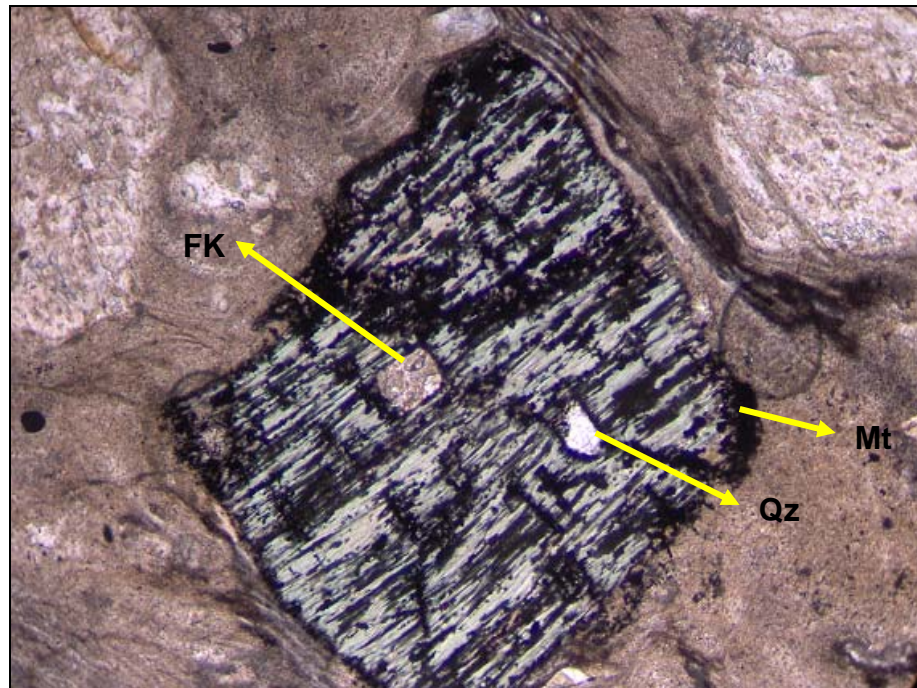


FIGURA 53. Sección delgada de la muestra RF85084-001. NP, aumento de 10X. Cristal de anfíbol cloritizado con inclusiones de feldespato potásico (FK) y cuarzo (Qz) y bordes de oxidación donde se forma la magnetita (Mt). En los bordes estructuras de flujo de la matriz en una posible rotación del mineral.

La muestra IQ85107-001 de la parte norte de la plancha corresponde a una lava dacítica porfídica, con cristales de plagioclasa y ortoclasa principalmente y cristales de cuarzo y epidota, en una matriz con alto contenido de caolinita. En relación con las muestras anteriores (de la parte oeste de la plancha) esta presenta el mayor contenido de sericita en la matriz, los fenocristales conservan sus formas sin evidencias de retrabajamiento y los fragmentos de roca están ausentes. Puntualmente se disponen intercrecimientos entre cristales formados principalmente entre ortoclasas con estructuras macladas. (Ver ANEXO 6). La fuerte alteración de los cristales en la muestra se mantiene. El análisis de la sección permite definir que en esta parte de la plancha el aporte clástico fue mínimo y los esfuerzos producidos por el sistema compresivo de Las Brisas no afectaron el comportamiento microcristalino de las rocas (FIGURA 54).

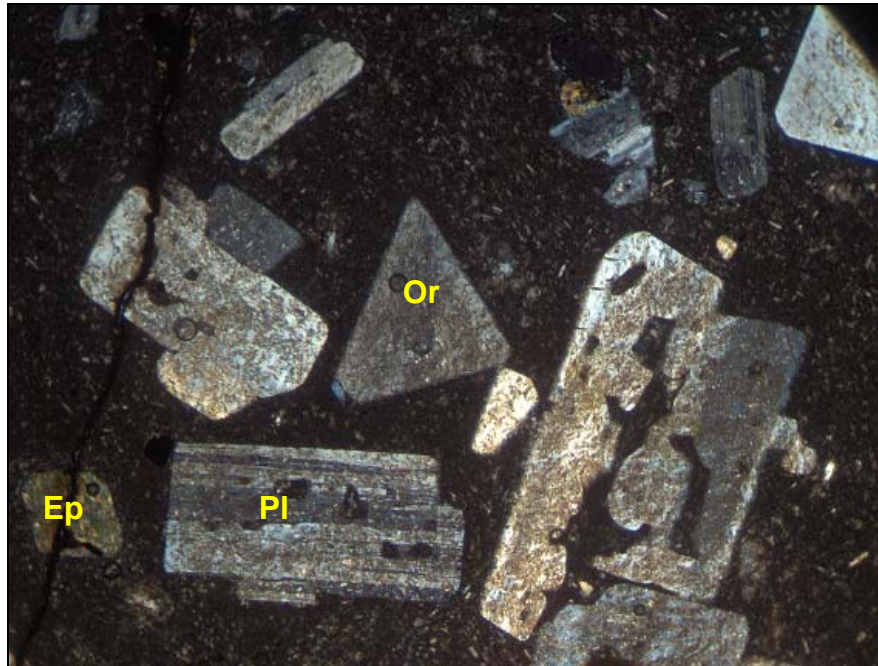


FIGURA 54. Sección delgada de la muestra IQ85107-001. NC, aumento 10X. Fenocristales de Plagioclasa (PI) sericitizados, ortoclasa alterándose a caolinita (Or) y epidota (Ep) en una matriz caolinífrica.

En la sección JC85141-001, el contenido de sericita en la matriz aumenta. En esta muestra como en las anteriores se presenta un fuerte grado de alteración donde las ortoclasas y plagioclasas se encuentran sericitizadas y pueden ser la principal fuente de este material a la matriz. En la matriz microcristalina las direcciones de flujo se evidencian en los intersticios entre los cristales formando arcos y formas curvas compuestas en las acumulaciones de cristales de tamaño muy fino y presencia de texturas de flujo principalmente en los minerales de cuarzo. La muestra corresponde a una lava riolítica porfídica y en esta no aparecen fragmentos de roca lo que indica que en esta parte de la plancha no se produjo aporte lítico considerable. Los fenocristales en esta muestra presentan una distribución caótica y sus tamaños son variables, además los cristales presentan microfracturas, este comportamiento puede estar relacionado a esfuerzos producidos por la Falla de Santa Rosa, la cual es la más cercana al sitio de toma de la roca (FIGURA 55).



FIGURA 55. Sección delgada de la muestra JC85141-001. NC, aumento 10X. Intercrecimiento con borde de reacción entre un mineral de cuarzo (blanco de menor tamaño y a la izquierda) y una plagioclasa (gris y a la derecha).

En campo la roca de la sección anterior fue tomada por la vía que de Simití conduce a Santa Rosa del Sur. 100 metros al este del anterior punto por la vía se colectó la roca a la cual corresponde la sección JC85142-002. El análisis petrográfico permitió definir esta muestra como una toba cristalino-lítica de composición dacítica donde se encuentran fragmentos de cristales de plagioclasa principalmente y en menor proporción cuarzo y ortoclasa. También se presentan sectores donde hay mayor contenido de matriz sericítica y en otros de matriz caolinítica, esto permite definir que en este lugar varía la fuente que compone la matriz. Como un rasgo característico principal de la sección se observó que la plagioclasa es el mineral de mayor ocurrencia, y la sericita es el principal producto de alteración en la muestra, con lo cual se define a la plagioclasa como la principal fuente de sericita. La caolinita debido al bajo contenido de ortoclasa en la muestra puede proceder de los procesos de desvitrificación del material vítreo cristalino de la muestra, el cual se dispone en forma criptocristalina en la matriz (FIGURA 56).

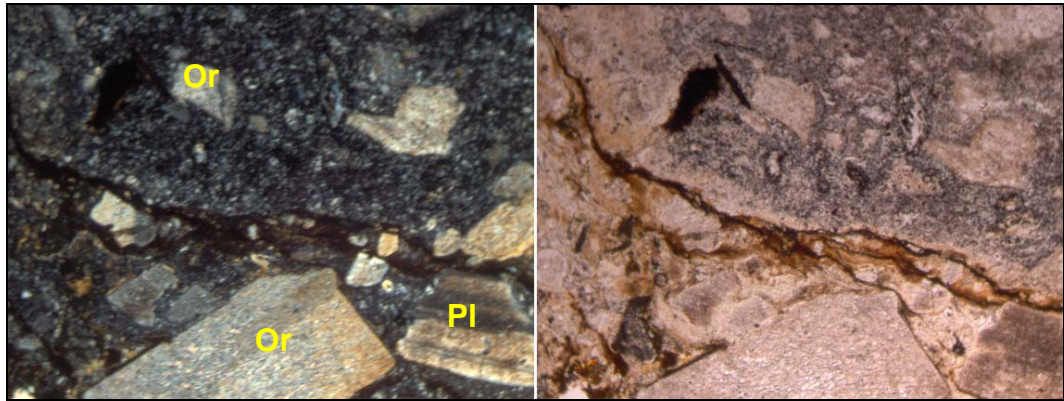


FIGURA 56. Sección delgada de la muestra JC85142-002. A la izquierda NC, a la derecha NP, aumento 4X. En las fotografías se ilustra en la parte superior fenocristales de ortoclasa en una matriz principalmente de sericita con bajos contenidos de caolinita (color gris oscuro), y en la parte inferior fenocristales de mayor tamaño de plagioclasa y ortoclasa en una matriz con mayor contenido de caolinita (color marrón). La línea marrón en la foto derecha que separa las dos zonas corresponde a el borde de un clasto de riolita porfídica que se dispone en la parte media de la sección, de tamaño grueso.

En esta sección la distribución de los cristales es caótica, sin orientaciones preferenciales; los fenocristales presentan irregularidad en sus bordes y sus tamaños son variables y sobresale también la presencia de fragmentos líticos. Con esto se puede definir que en esta parte la Unidad Volcanoclástica de Noreán (UVN) presenta mayor aporte lítico el cual fue singenético con el flujo y cristalización de la lava. La composición de los fragmentos líticos es principalmente riolítica lo cual indica que el aporte clástico proviene de rocas anteriormente cristalizadas y depositadas o preexistentes de la UVN.

Siguiendo el rumbo general de la UVN desde el punto donde fue tomada la roca de la anterior sección hacia el NNE, fue colectada la roca de la sección VC85029-001 que corresponde a una lava traquítica (Ver ANEXO 6). En esta muestra se evidencian claramente direcciones de flujo en la matriz y en los cristales. En los fenocristales de mayor tamaño se forman estructuras similares a remolinos o aureolas que evidencian el movimiento circular del material microcristalino como producto del movimiento rotacional de los fenocristales durante el flujo de la lava. En esta sección no hay presencia de fragmentos de roca, el material que la compone es netamente cristalino, se encuentran

intercrecimientos cristalinos con formación de bordes de reacción entre minerales y en otros casos contactos netos (FIGURA 57).

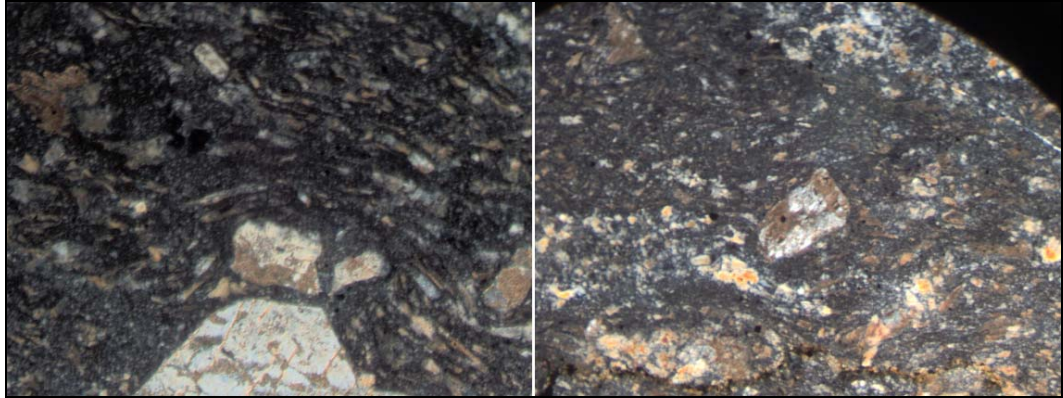


FIGURA 57. Sección delgada de la muestra VC85029-001. Izquierda NC, derecha NP, aumento 4X. Las fotografías muestran dos sectores diferentes de la sección, en los cuales aparecen evidencias de flujo principalmente en el material microcristalino y en los fenocristales de formas alargadas. Alrededor de los fenocristales prismáticos de nota el flujo rotacional de las matriz.

La muestra VC85056-001 en este trabajo representa la sección analizada que se encuentra más al este de la plancha y por tanto más al tope de la UVN. En la muestra aparecen en mayoría cristales de ortoclasa (30%), plagioclasa (5%), cuarzo (10%), opacos (8%) y hornblenda (5%) en una matriz criptocristalina compuesta de sericita, caolinita y vidrio. Como minerales accesorios presenta olivino (2%). En la descripción de esta muestra (ver anexo petrográfico) se registra fenocristales de variados tamaños, muy alterados, algunos con bordes irregulares y superficies de fractura (FIGURA 58).

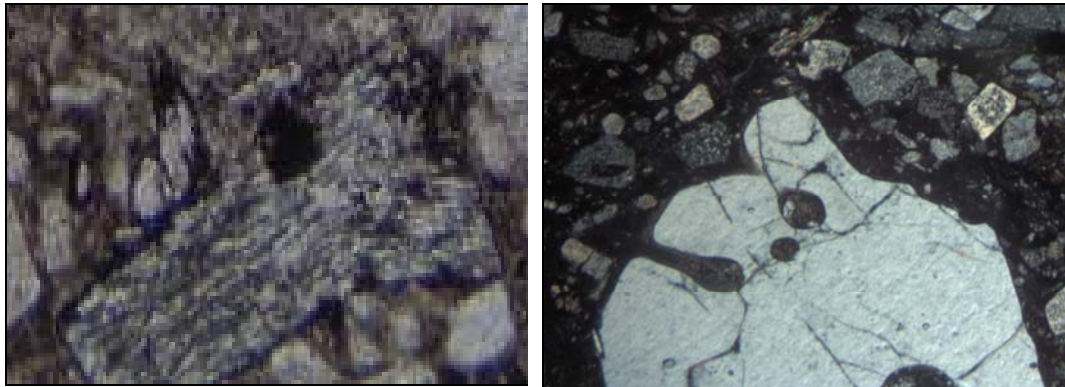


FIGURA 58. Sección delgada de la muestra VC85056-001. En la izquierda una hornblenda cloritizada con partición de su borde inferior derecho, relacionado a retrabajamientos de los cristales en esta sección. En la derecha texturas de flujo de la matriz sobre un cristal de cuarzo. Muestra VC85056-001. NP, aumento 4X.

En la misma sección el porcentaje de fragmentos de roca es del 7%, y se clasifica como una lava riolítica, de textura glomeroporfídica, lo cual no varía en gran manera la disposición general de las rocas lávicas de la UVN.

El análisis petrográfico de las muestras de UVN en la plancha permiten definir que las rocas de mayor ocurrencia son las lavas riolíticas porfídicas, las cuales presentan como minerales de mayor ocurrencia las ortoclasas y plagioclasas y en general la matriz en las secciones son de afinidad sericítica y caolinítica, este último en algunos casos como producto de alteración de las ortoclasas y en otros como producto de la desvitrificación, lo que se dispone en la matriz como material criptocristalino.

En campo, las lavas de la Unidad Volcanoclástica de Noreán presentaban interestratificaciones con rocas epiclásticas y tobas litocristalinas y cristalinolíticas, pero no fue posible la preparación de secciones para estas litologías. En esta misma fase se pudo definir que a nivel macroscópico la litología de mayor ocurrencia son las lavas riolíticas y dacíticas, lo cual se corrobora con el estudio microscópico de las secciones analizadas, que fueron recolectadas y seleccionadas espacialmente en diferentes zonas de la plancha y la litología predominante es de origen lávico.

5.5.1.2 Rocas Cretácicas

El Cretácico en la zona de estudio está representado por las rocas de la Unidad Rosablanca-Paja, las cuales se disponen en general en las partes altas de los cerros. Hacia el sur-este se disponen en contacto en las partes bajas topográficamente la UVN y las rocas Cretácicas de la unidad Rosablanca-Paja. Para el análisis petrográfico se seleccionaron dos muestras para sección delgada, una de las cuales está ubicada en la FIGURA 50 y la otra se encuentra en las coordenadas geográficas: X= 1'360.825 y Y= 1'006.284 dentro de la plancha 85-III-C.

La muestra IQ85155-001 representa el Cretácico en la plancha de estudio. Esta sección corresponde a micrita con oolitos recristalizados a calcita con fragmentos líticos microcristalinos, laminada; con láminas muy finas donde se concentran materiales líticos de cuarzo y feldespatos con bajo contenido de material calcáreo y láminas gruesas de micrita con aporte lítico (FIGURA 59).

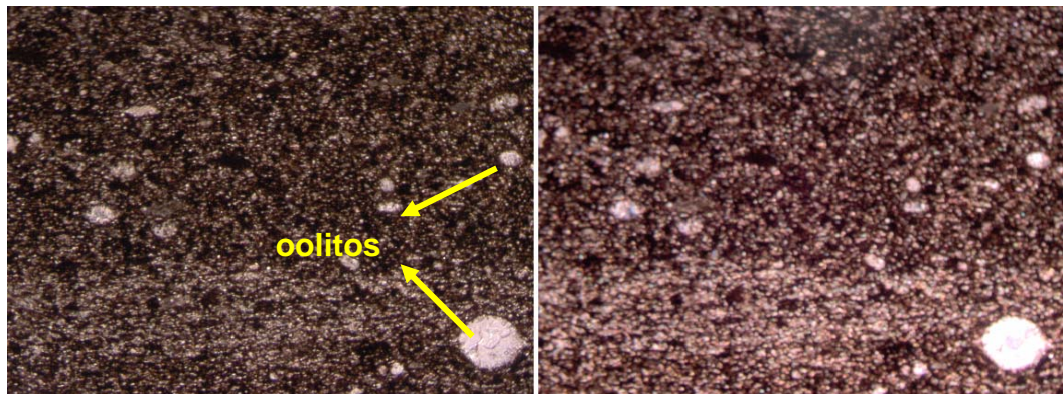


FIGURA 59. Sección delgada de la muestra IQ85155-001. Izquierda NC, Derecha NP, aumento 4X. Micrita laminada, con presencia de oolitos recristalizados a calcita en formas redondeadas y de mayor tamaño en la sección. Los líticos son principalmente de cuarzo de colores blancos y la micrita de colores marrones oscuros.

Las muestras del Cretácico en la plancha son limitadas debido a la disposición de los afloramientos. En la plancha 85IIIC por la vía que de Simití conduce a San Blas se tomó la muestra de roca LP85084-001 sobre la Unidad



Rosablanca-Paja, la cual representa su parte basal al estar muy cerca de la zona de contacto con la UVN, esta sección corresponde a una caliza micrítica tipo mudstone o caliza biomicrítica con fragmentos de conchillas de bivalvos recristalizadas a calcita y calcedonia, ostreídos y pellets (FIGURA 60).

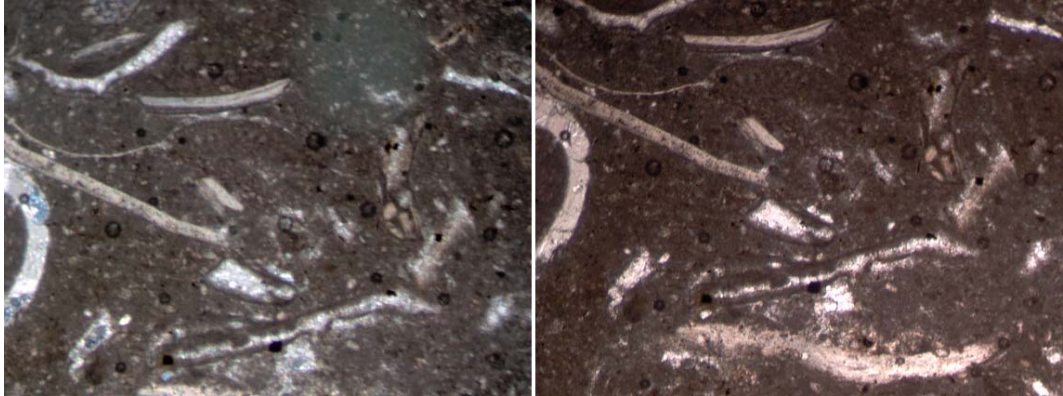


FIGURA 60. Sección delgada de la muestra LP85084-001. Derecha NC, izquierda NP, aumento de 4X. Caliza biomicrítica. En las imágenes fragmentos de conchillas de bivalvos recristalizadas en una matriz micrítica criptocristalina.

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 biomicríticas en su parte basal, en el contacto al oeste con la UVN y lodos calcáreos con aportes líticos más hacia el tope. Este comportamiento podría corresponder a somerizaciones de la plataforma calcárea sobre la cual se depositó la base de la unidad.



5.6. MODELO DE EVOLUCIÓN GEOLÓGICA

En la zona de estudio no fue posible caracterizar formaciones Pre-Jurásicas, por lo tanto la historia geológica de la plancha se iniciará desde finales del Triásico-principios del Jurásico.

A finales del Triásico y principios del Jurásico se presentan episodios distensivos en este sector de la Serranía de San Lucas. Varios autores han postulado teorías y propuesto ambientes geodinámicos que sustenten la formación de las cuencas distensivas como desarrollos de arco trasero (“back-arc basin”), fracturación y disgregación (“rifting”) de un borde continental más o menos semejante al actual de África nororiental y efectos combinados de transpresión/subducción o interacciones complejas entre estas aún no bien conocidas. Maze (1984) propone que la extensión Triásico-Jurásico Temprano, puede tener una componente transtensional debido a una subducción oblicua. Este mecanismo, sumado a la separación entre Norteamérica y Suramérica, en el Caribe, puede haber contribuido a la extensión (Cooper *et al.*, 1995). Estrada (1972) y Macia & Mojica (1981), lo interpretan como un proceso de rifting. Toussaint (1995) argumenta que durante esta época se generó probablemente un ambiente convergente y no de rift. Bayona, García y Pabón (1994), en el estudio de la Formación Saldaña (correlacionable con la Unidad Volcanoclástica de Noreán al sur de la serranía) sugieren que el magmatismo y los materiales piroclásticos que constituyen la Formación Saldaña estarían relacionados con la evolución de márgenes convergentes, en donde la acumulación se desarrollaría en el dominio de retroarco y que el mayor periodo de actividad volcánica ocurrió entre el Triásico Tardío y mediados del Jurásico. Sarmiento (2001) en una recopilación de trabajos para el Triásico-Jurásico, sugiere que la evolución en la parte norte de la Cordillera Central a partir de interpretaciones de placas tectónicas puede ser: a) A partir de un Rift intracontinental relacionado a la ruptura de Pangea, o b) A partir de un Back-arc Rifting. En Clavijo (1995), el autor referencia el trabajo de Windley (1984) el cual propone que la distensión es producto de un proceso de riftogénesis intercontinental, cuyas ramificaciones afectan gran parte del cratón Suramericano



en forma de aulacógenos, grábenes y cuencas de tracción. Se presenta formación de fallas normales que limitan bloques que se hundieron en forma de zig-zag. Producto de la distensión desde finales del Triásico hasta el Jurásico inferior-medio se produce un hundimiento y ensanchamiento de un graben lo cual produce una fase de volcanismo explosivo que aporta el material que da origen a lo que actualmente constituye la Unidad Volcanoclástica de Noreán (UVN), el volcanismo fue de tipo explosivo y subaéreo. Este volcanismo fue controlado estructuralmente por las principales fracturas normales que limitan los bloques con un rumbo preferencial N-NE, lo cual se evidencia en la actualidad con la disposición en una franja en la misma dirección de la UVN en las estribaciones orientales de la Serranía de San Lucas. Con los datos recopilados en campo y el análisis petrográfico de secciones delgadas se puede definir un volcanismo de tipo calcoalcalino de afinidad intermedia. En el área de la plancha las rocas volcánicas (lavas y tobas) se encuentran interestratificadas con sedimentos epiclásticos de color rojizo, las estructuras internas de estos depósitos no presentaban indicios de depositación de tipo continental (ejemplo: interdigitación de canales, o geoformas aluviales), con lo cual podríamos definir que el posible ambiente de depositación correspondió a un mar somero con oxidación de los materiales detríticos o fluctuaciones entre ambientes continentales y epicontinentales.

Durante el Jurásico Tardío y Cretácico Temprano se produce levantamientos diferenciales de bloques, lo cual permite que la Formación Arenal se deposite en la parte norte de la plancha 96 en forma de abanicos aluviales. En la plancha 85-III-A, la ausencia de esta formación puede estar relacionada a que esta zona durante ese tiempo se encontraba levantada y el flujo de material aluvial se dirigía hacia el sur. Después de un periodo de no depositación en la zona de estudio se inicia la transgresión del Mar Cretácico, al mismo tiempo se reactiva la subsidencia en el graben generando la depositación de sedimentos que hoy constituyen la Unidad Rosablanca-Paja. en el Hauteriviano-Barremiano (Ward *et al*, 1973), con el mismo sistema de hundimiento de bloques limitados por fallas normales. La base de esta unidad corresponde a niveles métricos y decimétricos de areniscas conglomeráticas y conglomerados con presencia de clastos de composición



riolítica de la UVN representando la superficie de discontinuidad entre la secuencia Jurásica y Cretácica. La discordancia entre estas dos unidades es de tipo angular, las cuales buzcan hacia el este con mayor cantidad de buzamiento en la UVN. La subsidencia continúa hasta finales del Cretácico y a principios del Terciario.

Durante el Paleoceno se inicia una fase compresiva, la cual produce inversión de las antiguas fallas normales generando así una interrupción en los movimientos de subsidencia hasta detenerse y comenzar un proceso de surrección. En el área se presenta un periodo de no depositación hasta el Eoceno Medio, donde inicia la depositación de la secuencia continental conformada por la Formación La Paz, la Formación Mugrosa en discordancia sobre esta última en el Oligoceno y sobre esta en forma discordante la Formación Colorado., todas estas en discordancia sobre la secuencia Cretácica. En el Mioceno-Plioceno continua la compresión y se inicia el levantamiento de las estribaciones orientales de la Serranía con esfuerzos que migran hacia el oeste. En el Mioceno Tardío-Plioceno-Pleistoceno se deposita la Unidad Real-Mesa formando conglomerados y depósitos de origen aluvial con aporte volcánico en la parte superior, como producto de una intensa fase compresiva que inició desde finales del Mioceno. El origen del aporte ígneo a esta unidad pudo generarse por eventos volcánicos en la Cordillera Central a finales del Plioceno. Desde principios del Pleistoceno hasta el presente se han depositado sedimentos de origen fluviolacustre, los cuales sepultan al este de la plancha toda la secuencia Terciaria.

En la zona de estudio se dispone un sistema de fallas en sentido NNE 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 la cual controla el borde oeste de la cuenca de la Ciénaga de Simití. Se presentan también desplazamientos en el rumbo de los contactos principalmente en las rocas Cretácicas y pliegues de arrastre que ponen en contacto a estas últimas con rocas Jurásicas. Estas fallas podrían estar



relacionadas a la acreción del Bloque Panamá-Chocó al continente Suramericano o a rotaciones internas en el bloque de San Lucas limitado al norte por la falla Espíritu Santo y al sur la falla de Cimitarra (FIGURA 33). Al oeste del área de estudio se identificó la Unidad Extrusiva de Las Brisas la cual se dispone discordantemente sobre rocas de la UVN. Debido a la falta de datos el origen de esta unidad no está definida y su posición cronológica podría ser de gran importancia en el avance del conocimiento evolutivo de la región.



CONCLUSIONES

La cartografía a escala 1:25000 realizada para el área de la plancha 85-III-A, permitió identificar tres (3) unidades de roca que fueron depositadas desde el Jurásico hasta el Terciario y depósitos inconsolidados del Cuaternario: 1) Unidad Volcanoclástica de Noreán (J1-2n) constituida por lavas andesíticas, riolíticas y dacíticas con textura porfídica, tobas cristalinas, cristalinolíticas y líticas y en menor proporción areniscas y lodolitas tobáceas; también se presentan diques hipoabisales de andesita y dacita porfídica que cortan estas rocas. 2) Unidad Rosablanca-Paja (K1r K1p) representada por calizas conglomeráticas y areniscas calcáreas hacia la base, calizas con textura que varían de mudstone, wackstone, packstone y grainstone con gran contenido fósil de ostreídos, bivalvos, fragmentos de conchas, etc, en la parte media de la secuencia y lodolitas calcáreas y arcillosas hacia el tope. 3) Unidad Extrusiva de Las Brisas (K2N1lb) constituida por lavas que varían de composición dacítica a andesítica; tobas cristalinas, cristalinolíticas y líticas y rocas graníticas de color rosado con un alto contenido de feldespatos potásicos que cortan la secuencia volcánica. 4) Depósitos Cuaternarios no-consolidados, los cuales se diferenciaron en Depósitos de Llanura de Inundación (Qfal) constituidos por cantos redondeados y subredondeados de rocas ígneas y sedimentarias dentro de una matriz areno-lodosa de color gris y Depósitos Fluviolacustres (Qfl) formados principalmente de lodos oscuros con alto contenido de materia orgánica; arcillas caoliníticas grises claras y en menor proporción arenas finas.

La integración de la información obtenida en el análisis fotogeológico, la interpretación satelital de imágenes y la verificación de estos en campo permitieron distinguir dos estilos estructurales que controlan las fracturas en la zona de estudio y que presentan evidencias de neotectónica. Uno en sentido NE-SW de primer orden representado en la plancha por la Falla de Las Brisas, Falla de Simití y la Falla de San Blas de componente dextral y otro en sentido NW-SE



constituido por la Falla de Santa Rosa que se comporta como una falla asociada de segundo orden de componente sinistral. Estas estructuras principales se disponen en la región dentro del sistema deformativo de tipo flor positiva, con esfuerzos transpresivos que generan movimientos inversos en el trazo de las fallas de rumbo principales.

La petrografía de las secciones delgadas de roca para la Unidad Volcanoclástica de Noreán junto con la caracterización en campo permite definir que las lavas riolíticas, dacíticas y en menor cantidad cuarzo-lacíticas y traquíticas son las principales componentes litológicas de la unidad; intercaladas con estas y pseudoestratificadas se encuentran tobas cristalínolíticas, litocristalinas y rocas sedimentarias rojizas de composición general dacítica y riolítica, todas estas formadas y depositadas en ambiente continental en las partes distales de los focos volcánicos activos del Jurásico. La unidad Rosablanca-Paja presenta afinidad calcárea con calizas micríticas fosilíferas hacia la base y micritas con aportes líticos hacia la parte superior formadas en una plataforma calcárea somera.

El análisis geomorfológico en el área de estudio permitió identificar cuatro zonas geomorfológicas bien definidas: 1) Sobre rocas de la Unidad Volcanoclástica de Noreán (J1-2n) caracterizada principalmente por presentar zonas montañosas con valles profundos en V de pendientes mayores a 30° y cuencas hidrográficas maduras; 2) En la Unidad Extrusiva de Las Brisas que presenta domos y cerros redondeados con superficies subhorizontales asociadas y valles extensos colmatados por material volcánico con niveles medios y bajos de meteorización; 3) Sobre rocas Cretácicas de la Unidad Rosablanca-Paja que presentan colinas bajas pobremente disectadas y en los afloramientos mas hacia el oeste formando escarpes verticales en las partes altas de los cerros y 4) Depósitos inconsolidados del Cuaternario Fluvioacustre y de Llanura de Inundación que forman planicies y terrazas bajas alrededor de la Ciénaga de Simití.



Sobre la Unidad Volcanoclástica de Noreán se dispone la Unidad Extrusiva de las Brisas en forma discordante, con depósitos de lava subhorizontales, domos graníticos poco disectados y formación de perfiles de suelo con capas compuestas de material volcánico, las cuales no presentan las mismas características físicas, composicionales y estructurales del material infrayacente. Esta unidad puede estar asociada al movimiento de la Falla de Las Brisas al presentarse el mayor registro litológico en el bloque colgante de esta. Las características geomorfológicas y estructurales sugieren que la unidad es de edad post-Jurásica pero la falta de datos radiométricos no permite ubicarla en una posición geocronológica definitiva.

En la zona estudio la evolución geológica se puede separar en dos fases deformativas: Una Distensiva desde finales del Triásico hasta finales del Cretácico, donde se depositan las Rocas de la Unidad Volcanoclástica de Noreán de afinidad volcánica y sobre estas, las rocas Cretácicas de afinidad marina en una cuenca de tipo graben y otra Compresiva que inicia desde principios del Paleoceno hasta el presente, donde se depositan la secuencia Terciaria y Cuaternaria de afinidad continental y en la cual se ha generado el sistema deformativo que actualmente controla las estructuras de la zonas de estudio.



RECOMENDACIONES

Se pretende que con este trabajo realizado como tesis de grado dentro del marco del convenio UIS-INGEOMINAS, se abran nuevas puertas para continuar con proyectos de cartografía que cubran el área restante de la Serranía de San Lucas, con el fin de tener un conocimiento más detallado del verdadero potencial geológico que alberga esta zona del país.

Este trabajo aquí presente constituye un aporte a la cartografía del sector oriental de la Serranía de San Lucas y de igual manera se espera, sirva como una base para el desarrollo de planes de ordenamiento territorial; para definir zonas afectadas por amenazas de origen geológico y para determinar el potencial de recursos minerales del subsuelo en esta región importante del país.

Se recomienda también realizar estudios geoquímicos de isótopos radiogénicos para las muestras más representativas de cada una de las unidades de roca aflorantes, en particular de la Unidad Extrusiva de Las Brisas descrita en este trabajo, con el fin de determinar la edad de los eventos tectonotermales asociados a la formación de estas rocas y definir mejor los procesos involucrados en la evolución geológica de la Serranía de San Lucas y por ende de la Cordillera Central.

Sería de vital importancia que se realizaran análisis geoquímicos de sedimentos activos, los cuales fueron recolectados durante la fase de campo en los ríos, quebradas y caños existentes en el área, pero que por no estar incluidos dentro de los objetivos del proyecto no fue posible analizarlos. De todas maneras se cuenta con este material debidamente georeferenciado siguiendo los parámetros establecidos por el convenio UIS-INGEOMINAS, que serían de gran utilidad para



estudios posteriores con el fin de determinar la existencia de anomalías en la distribución de los diferentes elementos y minerales.

En la zona de estudio se presentan depósitos fluviolacustres constituidos en su mayoría por arcillas caoliníticas con espesores que pueden ser explotables como material de construcción y de ornamentación para las diferentes empresas mineras nacionales interesadas.

Desde el punto de vista social, esperamos que el gobierno genere proyectos de trabajo, vivienda y educación en las diferentes poblaciones del Sur de Bolívar, que hacen parte de la Serranía de San Lucas y que en estos momentos se encuentran abandonadas y sometidas al poder de grupos armados al margen de la ley, los cuales controlan las pocas actividades económicas que en un tiempo servían como medio de subsistencia para los habitantes.



BIBLIOGRAFÍA

- ANDERSON, J.L. (1945). Petroleum Geology of Colombia, South America, Bull Am. Ass. Petr. Geol., vol. 29, nº 8, pp. 1065-1142, 30 figs., Tulsa
- ALUJA, J. Y VARGAS, J.M., (1980). Informe geológico-radimétrico de la Serranía de San Lucas. IAN. Informe 105, 28 p. Bogotá.
- BALLESTEROS, C. I. m (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.
- BARRERO, D., et al., (1969). Actividad Ignea y Tectónica en la Cordillera Central durante el Meso-Cenozoico. Boletín Geológico. Vol. 17 N°. 1-3. pp 145-173. Bogotá.
- BAYONA, G., et al. (1994). La Formación Saldaña: Producto de la Actividad de Estratovolcanes Continentales en un Dominio de Retro-Arco. Estudios Geológicos del Valle Superior del Magdalena. Universidad Nacional de Colombia. Pp 1-21. Bogotá.
- BOGOTÁ, J. Y 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 Struct. Geol., 4 (3).
- CANEY, P. *et al.* (1980). Cordilleran Suspect terranes. Nature, 288.
- CAÑON, Y. Y MOJICA, J. (1997). Evaluación Metalúrgica de la Mina La Chiva. San Martín de Loba, Sur de Bolívar. INGEOMINAS. Informe Final P96Q05. 62 p. Cali.



- CEDIEL, F. (1968). El Grupo Girón, una Molasa Mesozoica de la Cordillera Oriental. Servicio Geológico Nacional. Boletín Geológico, 16 (1-3): 5-96. Bogotá.
- CEDIEL, F. Y CACERES, C. (1988). Mapa geológico de Colombia. Geotec. Bogotá.
- CEDIEL, F. *et al.* (1981). Las Formaciones Luisa, Payandé y Saldaña, sus columnas estratigráficas características. Geología Norandina, 3, mayo, 1981. Bogotá.
- 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 Colombia, Plancha 75 – Aguachica. Ingeominas. Memoria explicativa, pp. 1-48. Bucaramanga.
- CLAVIJO, J., (en preparación). Estratigrafía y génesis de la Unidad Volcanoclástica de Noreán (Nueva unidad); evidencias de volcanismo explosivo en la paleocuenca del Valle Medio del Magdalena. Bucaramanga.
- COOPER, *et al.* (1995). Basin Development and Tectonics History of the Llanos Basin, Eastern Cordillera and Middle Magdalena Valley. Colombia. A.A.P.G. Bull., 79: 1421-1443.
- DACONTE, R Y SALINAS, R. (1980). Geología de las Planchas 66 Miraflores y 76 Ocaña. Ingeominas. Informe 1844. 105 p. Bogotá.
- DE LA ESPRIELLA, R. (1960). Investigaciones Mineras de la Región del Bajo Magdalena, Hierro en Barranco de Loba, Bolívar., Yeso en el Banco, Magdalena y Oro en San Martín de Loba, Bolívar. Min. Minas. Informe 1365. 17 p. Bogotá.
- DICKEY, P.A. (1941). Pre-Cretaceous sediments in Cordillera Oriental of Colombia. AA.P.G. Bull., 29: 1789-1785.



DUNHAM, R. J. (1962) Classification of carbonate rocks according to depositional texture. American association of petroleum geologists. pp 108-121. Tulsa.

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.

ETAYO, F. *et al.* (1983). (Publicado en 1986). Mapa de terrenos geológicos de Colombia. Pub. Geol. Especial INGEOMINAS No. 14-1:1-235. Bogotá.

ETAYO, F. *et al.* (1989). Análisis facial del inicio del avance marino del Cretácico en la región SW del Macizo de Santander. Excursión Quinto Congreso Colombiano de Geología. Bucaramanga.

FEININGER, T. (1972). Geología de parte de los departamentos de Antioquia y Caldas (subzona IIB). INGEOMINAS. Bol. Geol., 20 (2): 1-173. Bogotá.

GALLOWAY, W. Y HOBDAJ, D. (1983). Terrigenous clastic depositional systems. Springer-Verlag. New york.

GALVIS, J. Y 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

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. Primer Congreso Colombiano de Geología. Memoria, pp. 111-134. Bogotá.



- GEYER, O. (1982). Comparaciones estratigráficas y faciales en el Triásico Norandino. *Geología Norandina*, 5:27-31. Bogotá.
- GONZÁLEZ, H. (1992). Mapa geológico generalizado de la plancha 106-Liberia. Memoria explicativa. INGEOMINAS. p1-28.
- HEDBERG, H.D., Y SASS L.C. (1937). Synopsis of the Geologic Formations of the western part of the Maracaibo Basin, Venezuela, *Bol. Geol. Min.* (Edit. in English), t. 1, nº 2-4, pp. 71-112, 2 fig., Caracas
- HERRERA, L. F., *et al.* (2001). Evolution ambiental de la depresión momposina desde el Plesitoceno 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, *Erganzungsheft* 104, 131p.
- HUBACH, E. (1957). Contribución a las unidades estratigráficas de Colombia. Servicio Geológico Nacional. Informe 1212, 166 p. Bogotá.
- IDEAM. (1996). Unidades Geomorfológicas del Territorio Colombiano. 59 p. Bogotá.
- INGEOMINAS. (1979). Mapa geológico del Departamento de Antioquia, escala 1:500.000. Bogotá.
- JULIVERT, M. (1968). Lexique Stratigraphique International Amerique Latine Colombia (Premiere Partie). *Centre Nat. Res. Scient.*, 5(43): 1-651. París.
- KASSEM, T. ARANGO, J. (1977). Mapa fotogeológico de la Serranía de San Lucas. Escala 1:500.000. INGEOMINAS. Bogotá.
- LEUTSH, *et al.* (1980). Zona San Lucas-Reconocimiento Geológico Preliminar. Anexo Fotográfico. Informe No. 080 (Inédito). IAN
- MACLA, C. Y 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 precretácicas 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 *et al.* (ed.). Geological society America Memoir 162.

MILANOYSKI I. (1983). Riftogenez v istori zemli (Riftogénesis en la historia de la tierra). Editorial Nedra. Moscú.

MINERCOL. (1993). Aporte 1237. Ingeominas. Informe Interno.

MOJICA, J. Y MACLA, 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. Y 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. Y 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. Y 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.



OSORIO, L., Y OROZCO, L. (2004). Definición de provincias sismotectónicas y bloques de deformación actual para Colombia. INGEOMINAS. Informe Interno.

PETTERS, V. (1954). Tertiary and Upper Cretaceous foraminifera from Colombia, S.A., Contr. Cush. Found. Foram. Res., vol. 5, part. 1, n° 99, pp. 37-41, 1 pl., Washington.

NOTESTEIN F.B., *et al.* (1944). – Geology of the Barco Concession Republic of Colombia, South America, Bull. Geol. Soc. Amer., vol. 55, pp. 1165-1215, 12 Bg., 6 pl., New York.

SOCIEDAD KEDAHDA, S. A. Colombia. (2004). Curso de capacitación sobre principios básicos de geología y exploración aurífera. Barranco de Loba-Santa Cruz, Bolívar. Colombia.

READING, H., (Editor) (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. Y TOUSSAINT, J.F. (1989). Terrenos alóctonos en los Andes Colombianos: Explicación de algunas paradojas geológicas. Quinto Congreso Colombiano de Geología. Memoria, pp.92-107. Bucaramanga.

RIVERA, L. Y GRANADOS, L. (1981). Morfología fluvial del río Magdalena en el sector "San Pablo - Badillo". Revista CIAF, V. 6 (1-3), pp 487 - 503

RODRIGUEZ, C. Y 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. Y CLAVIJO, J. (2002). Mapa Geológico del Departamento de Bolívar, Escala 1:400.000. Ingeominas. Memoria explicativa, pp. 1-99. Bucaramanga.



- SARMIENTO, L.F, (2002). Mesozoic Rifting and Cenozoic Basin Inversion History of The Eastern Cordillera, Colombian Andes, Interferences from tectonics models. Netherlands Research Schools of Sedimentary Geology.
- SARRIA, A., (1989). Riesgo sísmico e ingeniería sísmo resistente. Quinto Congreso Colombiano de Geología. Bucaramanga.
- SARRIA, A., (1991). Ingeniería sísmica. Editorial Uniandes. Bogotá.
- STILLE, H., (1938) (escrito en 1907). Estudios geológicos en la región del Río Magdalena. Serv. Geol. Nal. Comp. Est. Geol. Ofic. Col, 4:]25-182. Bogotá.
- TOUSSAINT, J. Y 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. Y RESTREPO, J. (1982). Metamorfismos Superpuestos en la Cordillera Central de Colombia. Quinto Congreso Latinoamericano de Geología. Memoria, pp 505-512. Argentina.
- TOUSSAINT, J.F. Y RESTREPO, J. (1989). Acreciones sucesivas en Colombia: un nuevo modelo de evolución geológica. Quinto Congreso Colombiano de Geología. Memoria, pp. 127-146. Bucaramanga.
- TOUSSAINT, J. (1995). Evolución Geológica de Colombia. 2: Triásico-Jurásico. Programme UNESCO IUGS. Universidad Nacional de Colombia. 94 p. Medellín.
- TSCHANZ, CH. *et al.*, (1969). Geology of the Sierra Nevada de Santa Marta area, 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.
- 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, G., (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.

www.dpi.inpe.br

[www.epis.com.co/base de datos ANH-ICP.](http://www.epis.com.co/base%20de%20datos%20ANH-ICP)

www.pdpmm.org.co/proyec/proyectos.htm

[www.zulu.ssc.nasa.gov.](http://www.zulu.ssc.nasa.gov)