



Libertad y Orden

**INSTITUTO COLOMBIANO DE GEOLOGÍA Y MINERÍA
INGEOMINAS**

***GEOLOGÍA DE LAS PLANCHAS 98 - DURANIA Y 99 - VILLA DEL ROSARIO
NORTE DE SANTANDER - COLOMBIA***

Escala 1:100.000

Bogotá, octubre de 2011

República de Colombia
MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA
INSTITUTO COLOMBIANO DE GEOLOGÍA Y MINERÍA



Libertad y Orden

**REPÚBLICA DE COLOMBIA
MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA
INSTITUTO COLOMBIANO DE GEOLOGÍA Y MINERÍA
INGEOMINAS**

***GEOLOGÍA DE LAS PLANCHAS 98 - DURANIA Y 99 - VILLA
DEL ROSARIO, NORTE DE SANTANDER - COLOMBIA***

Escala 1:100.000

Por

**Jaime A. Fúquen M.
Director del Proyecto**

**Leonardo Ceballos
Edwin Marín
Alejandro Patiño
Andrea Pedraza**

Revisión editorial: Armando Espinosa B.

Bogotá, octubre de 2011



La revisión final por parte de los autores de este informe no pudo ser realizada. Esta fue remplazada por una revisión editorial, la cual no alteró el contenido del documento. Adicionó algunos datos que, para mayor claridad, aparecen con la especificación NE: Nota del Editor.

LISTADO DE ANEXOS

1. Geología de la Plancha 98 Durania, escala 1:100.000
2. Geología de la Plancha 99 Villa del Rosario, escala 1:100.000
3. Columna estratigráfica Formación Aguardiente, vía Arboletes – Cucutilla, escala 1:200.
4. Columna estratigráfica vía La Don Juana – Hacienda La Selva, escala 1:200.
5. Columna estratigráfica Formación Mirador, vía Carmen de Tonchalá – Mina Montgomery, escala 1:200.
6. Columna estratigráfica Formación AMirador vía La Don Juana - Durania, escala 1:200.
7. Listado general de la Plancha 98 Durania
8. Listado datos estructurados de la Plancha 98 Durania
9. Listado de estaciones de campo de la Plancha 98 Durania
10. Listado general de la Plancha 99 Villa del Rosario
11. Listado de datos estructurales de la Plancha 99 Villa del Rosario
12. Listado de estaciones de campo de la Plancha 99 Villa del Rosario

CONTENIDO

RESUMEN	13
ABSTRACT.....	15
1. INTRODUCCIÓN.....	17
1.1 OBJETIVOS	18
1.1.1 Objetivo general.....	18
1.1.2 Objetivos específicos	18
1.2 GENERALIDADES.....	18
1.2.1 Localización y vías de acceso	18
1.2.2 Aspectos geográficos y geomorfológicos	21
1.2.3 Actividad económica	21
1.3 METODOLOGÍA.....	22
1.3.1 Fase preliminar	22
1.3.2 Fase de fotointerpretación.....	22
1.3.3 Fase de campo.....	22
1.3.4 Fase de análisis petrográfico	29
1.3.5 Fase analítica	30
1.3.6 Fase de elaboración del informe final.....	30
2. ESTRATIGRAFÍA.....	31
2.1 UNIDADES DEL PRECÁMBRICO Y PALEOZOICO	31
2.1.1 Neis de Bucaramanga (P _ε b).....	31
2.1.2 Formación Silgará (pDs)	36
2.1.3 Ortoneis (p _ε o).....	39
2.1.4 Formaciones Floresta (Df) y Diamante (Cd)	41
2.2 UNIDADES DEL JURA - TRIÁSICO	41
2.2.1 Unidades sedimentarias.....	41
2.2.2 Rocas ígneas intrusivas.....	45
2.3 UNIDADES DEL CRETÁCICO.....	47
2.3.1 Formación Río Negro (K1rn).....	47
2.3.2 Grupo Uribante	49
2.3.3 Formación Capacho (K1c)	66
2.3.4 Formación La Luna (K2l).....	68
2.3.5 Formación Colón – Mito Juan (K2cmj).....	77
2.4 UNIDADES DEL CENOZOICO	79

2.4.1	Formación Barco (E1 B)	79
2.4.2	Formación Los Cuervos (E1lc)	80
2.4.3	Formación Mirador (E2m)	82
2.4.4	Formación Carbonera (E2c).....	90
2.4.5	Formación León (E3l)	91
2.4.6	Formación Guayabo (E3g)	92
2.4.7	Depósitos cuaternarios (Qal, Qc, Qt)	93
3.	TECTÓNICA.....	95
3.1	PROVINCIAS TECTONOESTRATIGRÁFICAS.....	98
3.1.1	Macizo de Santander.....	98
3.1.2	Subcuenca Catatumbo-Zulia	99
4.	GEOLOGÍA ESTRUCTURAL.....	100
4.1	PLIEGUES	100
4.2	FALLAS	101
4.2.1	Sistema de Fallas Pamplona - Chitagá.....	101
4.2.2	Sistema de Fallas Morronegro – Las Mercedes.....	101
5.	GEOLOGÍA ECONÓMICA	104
5.1.	GRUPO I – METALES Y MINERALES PRECIOSOS.....	105
5.1.1	Oro	105
5.2.	GRUPO II – METALES BÁSICOS	105
5.2.1	Cobre	105
5.2.2	Zinc	105
5.3.	GRUPO V- MINERALES INDUSTRIALES.....	105
5.3.1	Calizas	105
5.3.2.	Roca fosfórica.....	106
5.3.3.	Mica.....	106
5.3.4.	Arcillas.....	106
5.4.	GRUPO VI- RECURSOS ENERGÉTICOS.....	107
5.4.1.	Carbón	107
5.5.	GRUPO VII- MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN.....	108
6.	EVOLUCIÓN GEOLÓGICA.....	110
6.1.	PRECÁMBRICO.....	110
6.2.	PALEOZOICO	111
6.3.	MESOZOICO	111
6.4.	CENOZOICO	112
7.	BIBLIOGRAFÍA.....	114

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localización geográfica del área de estudio.....	19
Figura 2. Imágenes que resumen el proceso de colección y archivo de muestras.	23
Figura 3. Levantamiento de poligonal en vía Arboledas – Cucutilla de la Formación Aguardiente.	26
Figura 4. Muestreo para exploración geoquímica.....	28
Figura 5. Sección delgada de un neis biotítico de la unidad Neis de Bucaramanga (no igm: 14630). La roca está compuesta principalmente por cuarzo (qtz), biotita (bt), minerales opacos (op) y clorita (chl). a. ppl, b. ppx.....	32
Figura 6. Sección delgada de un esquisto moscovítico con andalusita y granate del Neis de Bucaramanga. la roca está compuesta principalmente por cuarzo (qtz), moscovita (ms) y feldespato (f). se observan cristales tabulares de andalusita (an). a. ppl, b ppx.....	33
Figura 7. Sección delgada de un neis anfibólico de la unidad Neis de Bucaramanga. la roca está compuesta principalmente por hornblenda (hbl) y biotita (bt). a. ppl, b. ppx.....	33
Figura 8. Afloramiento de un neis augen. Se observan porfiroclastos de feldespato.....	34
Figura 9. sección delgada de un neis cuarzo feldespático (ortoneis). La roca está compuesta principalmente por cuarzo (qtz) y feldespato (fa). Se observa clorita (chl). a. ppl, b ppx.....	36
Figura 10. Esquistos de la Formación Silgará en la vía Cucutilla – Castro.....	37
Figura 11. Sección delgada de ortoneis cuarzo - feldespático con textura lepidoblástica.....	39

- Figura 12.** Vereda Barrientos (sur del municipio de Salazar), se observan capas medias de arcillolitas y conglomerados polimícticos, matriz soportados, de la Formación Girón.....**43**
- Figura 13.** Sección delgada de la unidad de rocas ígneas intrusivas (dcgr). La roca está compuesta principalmente por feldespato alcalino, cuarzo (qtz) y plagioclasa (pg). Se observan cristales de clorita (chl) como producto de alteración de la biotita. a. ppl, b ppx.**44**
- Figura 14.** Formación Tibú – Mercedes. Segmento 1. (2.2 m). capas medias de arenitas silíceas de grano medio, tabulares, masivas, bien seleccionadas.....**51**
- Figura 15.** Columna estratigráfica de la formación Tibú - Mercedes levantada sobre el camino el diamante – vereda la Colonia.....**52**
- Figura 16.** Formación Tibú – Mercedes. Segmento 3. (91.42 m). Capas gruesas, tabulares de lodolitas calcáreas (mudstone-wackestone).**53**
- Figura 17.** Formación Tibú – Mercedes. Segmento 4. (185.04 m). Paquete de 2.5 m de capas delgadas de limolitas silíceas con laminación plano paralela continua delgada.**54**
- Figura 18.** Formación Tibú – Mercedes. Segmento 5. (239.86 m). Capas gruesas de arenitas calcáreas de grano fino (wackestone), tabulares, masivas con contactos netos a ondulados entre capas.**55**
- Figura 19.** Formación Tibú – Mercedes. Segmento 6. (260.46 m). Capas medias a gruesas y tabulares de arenita muy fina con cemento calcáreo con contactos netos a ondulados.....**55**
- Figura 20.** Afloramiento de la Formación Aguardiente en la vía la Don Juana - Durania.....**57**
- Figura 21.** Formación Aguardiente. Vía Arboledas - Cucutilla. Segmento 1 (56.1 m). Capas gruesas a muy gruesas, tabulares y limpias (5% lodo), masivas de color amarillo claro.**59**
- Figura 22.** Formación Aguardiente. vía arboledas - Cucutilla. Segmento 2 (176.73 m). Capas medias de areniscas cuarzosas, tabulares con laminación ondulada paralela continua media.**60**
- Figura 23.** Columna estratigráfica de la Formación Aguardiente levantada en la vía Arboledas - Cucutilla.**61**

- Figura 24.** Formación Aguardiente. Vía Arboledas - Cucutilla segmento 3 (253.2 m). Capas muy gruesas de areniscas cuarzosas de grano medio, tabulares, limpias.**62**
- Figura 25.** Formación Aguardiente. Vía Arboledas – Cucutilla. Segmento 4 (323.93 m). Capas muy gruesas de areniscas cuarzosas de grano muy fino, tabulares, limpias, intercaladas con capas finas de limolitas silíceas.....**63**
- Figura 26.** Formación Aguardiente. Vía Arboledas – Cucutilla. Segmento 6 (350 m). Capas delgadas a medias de areniscas cuarzosas de grano grueso, lodosas, tabulares, con contactos netos a ligeramente ondulados.....**64**
- Figura 27.** Formación La Luna. quebrada pie. Tabla. Base de la Formación La Luna.**68**
- Figura 28.** Formación La Luna. Cantera vía la Don Juana - Durania. Segmento 1. (9.1 m). Capas delgadas de cherts con cemento calcáreo “porcelanitas”, tabulares, con laminación plana paralela continua.**69**
- Figura 29.** Formación La Luna. Cantera vía la Don Juana - Durania. segmento 2. (66.6 m). Capas finas de lodolitas a arenitas muy finas calcáreas, tabulares, con ligero plegamiento.**70**
- Figura 30.** Columna estratigráfica de la Formación La Luna en la cantera ubicada entre la Don Juana y Durania.....**71**
- Figura 31.** Formación La Luna. Cantera vía la Don Juana - Durania. segmento 2. (63.4 m). Capas finas de lodolitas calcáreas arenosas, con laminación plana paralela continua, ligeramente friables con concreciones calcáreas de 30 cm de diámetro.....**72**
- Figura 32.** Columna estratigráfica de la parte media y superior de la Formación La Luna sobre la vía entre la Don Juana y la hacienda La Selva.....**73**
- Figura 33.** Formación La Luna. vía la Don Juana - hacienda La Selva. segmento 1. Capas finas a medias de lodolitas calcáreas, tabulares, masivas. Se observa una concreción de 30 cm de diámetro en la parte inferior.**74**
- Figura 34.** Formación La Luna. Vía la Don Juana - Hacienda La Selva. Segmento 2. (61.7 m). Capas finas a medias de cherts negros moderadamente fracturados intercalado con capas finas a medias de arenita calcárea (wackestone).....**75**
- Figura 35.** Formación La Luna. Vía La Don Juana - Hacienda La Selva. Tope del segmento 2. (84,3 m). Capas medias de lodolitas silíceas (cherts) de color negro intercaladas con arenitas calcáreas lodosas (wackestone) y concreciones de 30 a

50 cm de diámetro. Encima se observa la base del segmento 3 conformado por capas gruesas, tabulares de arenita calcárea lodosa (wackestone).75

Figura 36. Formación La Luna. Vía la Don Juana - Hacienda La Selva. segmento 3. (102.71 m). Capas medias a gruesas de arenitas calcáreas de grano muy fino, tabulares, masivas.76

Figura 37. Formación Mirador. Vía a la mina de carbón Montgomery. segmento 1. (22.7 m). Capas gruesas de areniscas cuarzosas, tabulares, masivas, de grano medio, color amarillo claro.....84

Figura 38. Columna estratigráfica de la Formación Mirador en la vía entre Carmen de Tonchalá y la mina de carbón Montgomery.....85

Figura 39. Formación Mirador. Vía a la mina de carbón Montgomery. Segmento 2 (95.15 m). Capas muy gruesas de areniscas cuarzosas, tabulares, masivas, limpias y deleznales.86

Figura 40. Formación Mirador. Vía a la mina de carbón Montgomery. Segmento 3 (148 m). Capas medias a gruesas de areniscas cuarzosas, tabulares, deleznales, limpias.87

Figura 41. Formación Mirador. Vía a la mina de carbón Montgomery. Segmento 3 (137 m). Detalle de estratificación cruzada en láminas gruesas en capas gruesas de areniscas cuarzosas.....87

Figura 42. Formación Mirador. Vía a la mina de carbón Montgomery. Segmento 4 (177.7 m). Lodolitas silíceas ferruginosas en capas finas a medias, tabulares.....88

Figura 43. Formación Mirador. Vía a la mina de carbón Montgomery. Segmento 5. (227.57 m). Zona de contacto entre capas gruesas de areniscas de la formación mirador con intercalaciones de capas finas a medias de arcillolitas friables de color gris y areniscas cuarzosas de grano medio, tabulares, con nódulos ferruginosos de la formación carbonera).89

Figura 44. Vía Salazar – Arboledas, donde se observan depósitos de pendiente (qc) con morfología ligeramente ondulada.....94

Figura 45. Mapa de provincias estructurales del departamento de Santander. adaptado de Clavijo (1994) (en Royero & Clavijo, 2001).97

Figura 46. Sistema regional de Fallas Morronegro – Las Mercedes (27) y Pamplona – Chitagá (28). Tomado de París, G., et. al., (2000).102

Figura 47. Vereda Santa Lucia Alta. Facetas triangulares a lo largo de una falla inversa.....	103
Figura 48. Mapa de ubicación de recursos minerales en el área de estudio. Tomado de INGEOMINAS (1994-1995).....	105
Figura 49. Zona de explotación de arcillas de la Formación León. Ladrillera Sigma. Municipio de los Patios.....	108
Figura 50. Zona de explotación de carbón de la Formación Los Cuervos. Municipio de Salazar).....	109
Figura 51. Cantera de explotación de las lilitas de la Formación La Luna que son utilizadas para el mantenimiento de las vías secundarias de la región (vía Durania – La Don Juana).....	110

1. RESUMEN

El área de las planchas 98-Durania y 99-Villa del Rosario cubre la parte central del Departamento de Norte de Santander hasta el límite fronterizo con Venezuela, sobre el flanco oriental de la Cordillera Oriental. Esta área hace parte de la llamada Concesión Barco en la Cuenca del Catatumbo y la potente secuencia sedimentaria cretácica que exhibe ha sido intensamente estudiada debido a la presencia de importantes yacimientos de petróleo y carbón.

La sucesión litoestratigráfica inicia con rocas metamórficas principalmente neises cuarzo feldespáticos y esquistos cuarzo moscovíticos del Neis de Bucaramanga del Precámbrico que aflora extensamente en las zonas más altas de la Cordillera Oriental. A continuación afloran rocas ígneas de composición granítica asignadas a la unidad Granito de Durania principalmente de edad Paleozoica (Devónico y Carbonífero) junto con rocas metamórficas de bajo grado y metasedimentarias de la Formación Silgará del Silúrico. Encima de estas reposa inconformemente la sucesión conglomerática de edad Triásica-Jurásica conformada por las formaciones Bocas y Girón respectivamente, depositada en un ambiente de cuenca extensional.

La sucesión cretácica sedimentaria registra los avances y retrocesos del mar Cretácico el cual dio lugar en un estadio de margen pasivo y dio lugar a la depositación de una espesa secuencia la cual está constituida por las formaciones Río Negro, Grupo Uribante (Formaciones Tibú-Mercedes y Aguardiente), Capacho, La Luna y Colón-Mito Juan. Un estado de transición de un margen pasivo a uno activo a finales del Cretácico y comienzos del Terciario dio lugar a un estadio de cuenca de ante país (foreland) cuyo registro lo conforman las formaciones Barco, Los Cuervos, Mirador, Carbonera, León y Guayabo. Finalmente se presentan depósitos cuaternarios relacionados a valles y planicies aluviales.

El área de estudio se caracteriza por un estilo estructural de fallamiento inverso con múltiples plegamientos. El cabalgamiento se caracteriza por ser en bloques y pliegues en dirección NNE-SSW. Teniendo en cuenta las características tectónicas de la zona, esta área ha sido dividida en tres provincias tectonoestratigráficas: el Macizo de Santander al Oeste del área de estudio como extensión de la Cordillera Oriental; la segunda provincia es la subcuenca

Catatumbo-Zulia al Noreste y hacia la parte Oriental y Suroriental el Bloque Chinácota-Margua de la Provincia de Mérida.

Los principales recursos naturales de las planchas 98-Durania y 99-Villa del Rosario excluyendo por supuesto importantes y reconocidos yacimientos de petróleo, los conforman manifestaciones de interés de oro, cobre y zinc, así como de calizas, roca fosfórica, micas y arcillas. Sin embargo el recurso más importante en el área de estudio es el carbón, cuyos yacimientos están asociados a las Formaciones Los Cuervos y Carbonera, siendo las áreas carboníferas más importantes localizadas en cercanías a los municipios de Carmen de Tonchalá, La Don Juana y Salazar.

2. ABSTRACT

The area of the 98-Durania and 99- Villa Del Rosario maps cover the central part of the Norte de Santander province until the frontier border with Venezuela, on the eastern flank of the named Eastern Mountain Range. This area is part of the called Concesión Barco in the Catatumbo basin and the potent Catatumbo Cretaceous sedimentary sequence exhibited has been intensively studied due to the presence of significant oil and coal deposits.

The stratigraphic sequence starts mainly with metamorphic quartz feldspar gneisses and quartz schist Muscovite of Neis de Bucaramanga from the Precambrian which crops out extensively in the highest zone of the Eastern Mountain range. Followed by igneous rocks outcrop of granitic composition assigned mainly to the called Garanito de Durania Unit of Paleozoic age (Devonian and Carboniferous) along with low-grade metamorphic rocks and metasedimentary rocks of the Silurian Silgará Formation. Above these lies a conglomeratic succession of Triassic-Jurassic age consists of Bocas and Girón Formations respectively, deposited in an extensional basin environment.

The Cretaceous sedimentary succession records the forward and reverse of the Cretaceous sea which was carried out in a stage of passive margin and led to the deposition of a thick sequence which consists of Río Negro Formation, Uribante Group (Tibú-Mercedes and Aguardiente Formations), besides of Capacho, La Luna and Colon-Mito Juan Formations. A state of transition from passive to active margin in the late Cretaceous and early Tertiary led to a stage of foreland basin which is registered on Barco, Los Cuervos, Mirador, Carbonera, León and Guayabo Formations. Finally, Quaternary deposits are present related to valleys and alluvial plains.

The study area is characterized by a structural style of thrust faulting with multiple folds. The thrust has being developed in blocks and folds in NNE-SSW direction. Given the tectonic features of the zone, this area has been divided into three tectonostratigraphic provinces: The Santander Massif to the west of the study area as an extension of the Eastern Mountain Range. The second province is the sub-basin Zulia Catatumbo located towards northeast of the zone and the third province the Chinácota-Margua Block of the Mérida Province placed to the East and southeast of the territory.



The main natural resources of the 98-Durania and 99-Villa del Rosario maps, excluding of course important and well known oil reservoirs, include significant appearances of gold, copper and zinc, moreover of limestone, phosphatic rocks, mica and clays. However the most important resource in the study area is coal, whose deposits are associated with Los Cuervos and Carbonera Formations, being the largest coal areas located in vicinity to Carmen de Tonchalá, La Don Juana and Salazar villages.

3. INTRODUCCIÓN

A través de los proyectos GEO 08-02 y GEO-09-01 “Cartografía geológica y exploración geoquímica en Cúcuta y alrededores” se llevo a cabo la cartografía geológica escala 1:100.000 de la plancha 98-Durania y 99-Villa del Rosario y el muestreo geoquímico regional de sedimentos activos, con el fin de localizar zonas de interés económico en la región.

El área de estudio cubre parte de la denominada Concesión Barco en el Departamento de Norte de Santander, donde varias empresas petroleras han hecho varios estudios geológicos, siendo uno de los primeros trabajos el de Notestein et al. (1944) para la Petroleum Colombian Company, empresa que descubrió algunos de los campos más importantes de la Cuenca del Catatumbo. Este trabajo fue base para el mapa del cuadrángulo G-13 Cúcuta (INGEOMINAS, 1967) junto con la fotogeología de Geophoto Services Inc. De igual forma se destacan los trabajos posteriores de De Porta (1965) sobre la estratigrafía del Cretácico y Terciario y Ward et al. (1973) que realizaron los mapas geológicos de los cuadrángulos H-13 Pamplona y H-12 Bucaramanga que limitan con el área de estudio.

De esta manera, con este informe se pretende contribuir con nueva información geológica, al mejoramiento de la cartografía existente y a la definición más precisa de las unidades de roca aflorantes en el área. Se aspira además avanzar en el conocimiento de aspectos relacionados con la evolución de la cuenca, su geometría y el sincronismo de los elementos estratigráficos y tectónicos que controlaron la configuración de la cuenca.

*La revisión final por parte de los autores de este informe no pudo ser realizada. Esta fue remplazada por una revisión editorial, la cual no alteró el contenido del documento. Adicionó algunos datos que, para mayor claridad, aparecen con la especificación NE: Nota del Editor.

3.1 OBJETIVOS

3.1.1 Objetivo general

Realizar la cartografía geológica de las planchas 98-Durania y 99-Villa del Rosario, a escala 1:100.000, mediante la recopilación y generación de nueva información geológica, que comprende además, el levantamiento y descripción de columnas estratigráficas, el muestreo y análisis de rocas, material paleontológico y sedimentos activos, con la finalidad de entregar al país el mapa geológico y la memoria acompañante.

3.1.2 Objetivos específicos

- Cartografiar la geología de las planchas 98-Durania y 99-Villa del Rosario, a escala 1:100.000.
- Levantar y describir columnas estratigráficas de algunas unidades aflorantes relevantes, y junto con el muestreo y el análisis de rocas y del material paleontológico determinar la edad de las mismas y caracterizar sus ambientes de depósito.
- Muestrear sedimentos activos de corriente para lograr entender las posibilidades en recursos mineros de la región.
- Realizar cortes geológicos para indicar las deformaciones y dislocaciones sufridas por las rocas de las unidades levantadas.

3.2 GENERALIDADES

3.2.1 Localización y vías de acceso

La zona de estudio comprende un área aproximada de 2400 km² y se encuentra localizada al suroriente del Departamento de Norte de Santander (Figura 1), en el costado oriental de la Cordillera Oriental, la cual hace parte del Macizo de Santander. Dentro del área se encuentran los municipios de Durania, Chinácota, Bochalema, Arboledas, Cucutilla, Villa del Rosario, Herrán y Ragonvalia [Coordenadas planas con origen Bogotá (Plancha 98): X=1.320.000-1.360.000; Y=1.120.000-1.180.000 y Coordenadas planas con origen Este (Plancha 99): X=1.320.000-1.360.000; Y=835.000-847.000].

La plancha 98 “Durania” está conformada por las planchas topográficas (escala 1:25.000): 98-I-A, 98-I-B, 98-I-C, 98-I-D, 98-II-A, 98-II-B, 98-II-C, 98-II-D, 98-III-A, 98-III-B, 98-III-C, 98-III-D, 98-IV-A, 98-IV-B, 98-IV-C y 98-IV-D; la plancha 99 “Villa del Rosario” corresponde a las planchas topográficas (escala 1:25.000): 99-I-B, 99-I-D, 99-III-B y 99-III-D del Instituto Geográfico Agustín Codazzi .

El área cartografiada cuenta con dos vías principales pavimentadas que se extienden de norte a sur:

La primera va desde la ciudad de Cúcuta hasta Pamplona. Los principales municipios se comunican con esta vía a través de una red vial secundaria (Figura 1): Cúcuta – La Don Juana – Durania, Cúcuta – Chinacota – Toledo, Cúcuta – Bochalema, Cúcuta-Villa del Rosario. Adicionalmente existen carreteras sin pavimentar que comunican con las veredas y otros centros urbanos de menor extensión: Durania – Hato Viejo – San Cayetano, Durania Morretón – La termo Tasajera, Durania – Villa Sucre, Chinacota – Ragonvalia Herrán. La segunda vía principal es la carretera Cúcuta-Salazar de las Palmas, la cual permite tomar diferentes carretables que conducen a veredas del área. Una vía secundaria hacia el Municipio Gramalote, se toma en el sitio denominado “Puente Gómez”, y posteriormente a partir de esta se toma el carretable que conduce al corregimiento de Carmen de Nazareth. Para desplazarse hacia la zona sur se toma el carretable Salazar-Arboledas- Cucutilla.

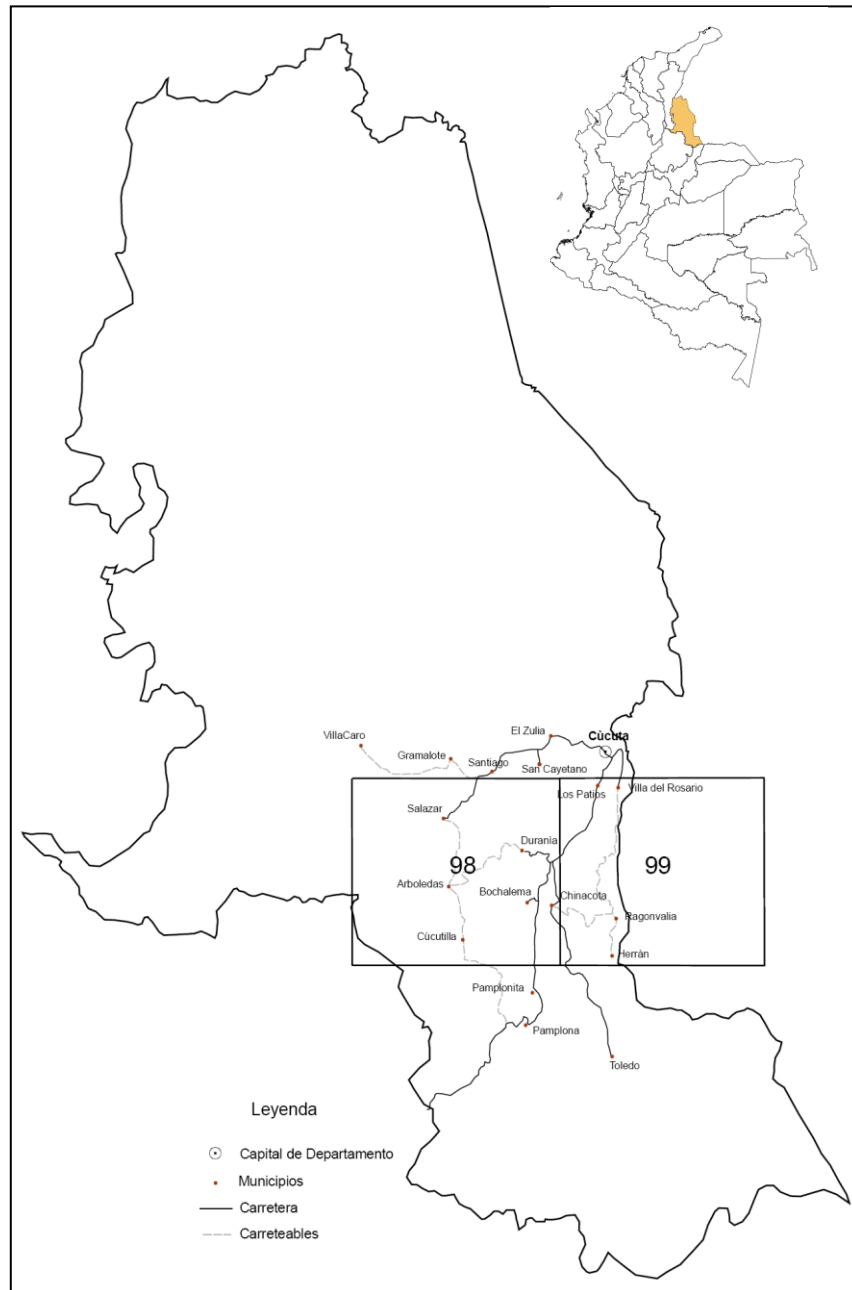


Figura 1. Localización geográfica del área de estudio.

3.2.2 Aspectos geográficos y geomorfológicos

El área de estudio se puede dividir en tres zonas topográficas diferentes. Una zona al occidente de los municipios de Salazar, Arboledas y Cucutilla conformado por rocas cristalinas de la cordillera oriental de relieve escarpado, altas pendientes, valles profundos y topografía abrupta, donde se encuentran las mayores alturas en los Paramos de Los Bueyes, Pringador, Castro y Ramírez (hasta 3.800 m.s.n.m). En este sector la temperatura varía entre 6° C y 18° C, (excepto en los páramos donde se tienen temperaturas inferiores a 6° C).

El segundo sector se encuentra en el piedemonte de la Cordillera Oriental hacia el oriente, donde se presenta una topografía menos pronunciada asociada a rocas sedimentarias con alturas entre los 500 y 2.000 m, mostrando cuchillas de varios cientos de metros sobre los valles adyacentes a los ríos Zulia, Pamplonita y Sardinata; las planicies aluviales de estos ríos presentan alturas de 100 a 200 m.s.n.m y la temperatura varía entre los 18° y 24° C; la precipitación se encuentra alrededor de los 1.700 mm. /año.

El tercer sector corresponde a la bifurcación de la Cordillera Oriental en límites con Venezuela el relieve es moderadamente escarpado asociado a rocas sedimentarias, con alturas de 1.000 m.s.n.m en promedio que hacia el norte limita con zonas bajas del Valle del Río Táchira. El recurso hídrico en esta región es abundante y se encuentra conformado por las cuencas hidrográficas de los ríos Sardinata, Peralonso, Salazar, Pamplonita, Zulia y Táchira, los cuales desembocan en la vertiente del Río Catatumbo. El drenaje es continuo, prolongado, sub-dendrítico a sub-paralelo, en algunos sectores se observa rectangular, principalmente en las partes montañosas, donde está controlado por diaclasas y fallas.

3.2.3 Actividad económica

La economía del departamento de Norte de Santander está basada principalmente en los servicios comerciales, bancarios y de transporte, que son jalonados por el dinámico intercambio de bienes originado por su condición fronteriza con Venezuela. De los sectores productivos el que más aporta a la economía departamental es el agropecuario, con la producción de arroz, papa, café, caña de azúcar, tabaco, sorgo y frijol, así como con la cría de ganado vacuno y caprino. El sector industrial aporta con la producción de alimentos y bebidas, productos químicos, cemento y calzado. La explotación del recurso carbonífero, es una importante fuente de empleo en la región.

De las exportaciones realizadas desde Norte de Santander la mayor parte corresponde a productos de origen minero, como son carbón y el coque (Norte de Santander es el tercer departamento exportador de carbón, después de La Guajira y El Cesar), productos derivados de la arcilla y fertilizantes de origen mineral, entre otros. El resto de exportaciones está representado por productos agropecuarios, textiles, calzado, plásticos y otros bienes de consumo. También se destacan en menor medida productos como arcillas, roca fosfórica, caliza y materiales de construcción. La calidad de las arcillas de la zona Cúcuta – Zulia ha dado origen a una de las industrias cerámicas más importantes del país.

1.3 METODOLOGÍA

La metodología seguida para la ejecución de este proyecto es acorde con los estándares de referencia del INGEOMINAS. El proyecto se desarrollo en seis fases: 1) Fase preliminar, 2) Fase de fotointerpretación, 3) Fase de campo, 4) Fase de Análisis petrográfico, 5) Fase Analítica y 6) Fase de redacción.

1.3.1 Fase preliminar

La fase preliminar correspondió a la compilación, análisis y evaluación de la información geocientífica existente en el área de estudio. La consulta se realizó en diversas fuentes, tales como, INGEOMINAS, Ecopetrol, ANH, IGAC, Universidad Industrial de Santander y Universidad Nacional de Colombia.

1.3.2 Fase de fotointerpretación

Para la interpretación fotogeológica de las planchas 98 y 99 a escala 1:100.000 se utilizaron 15 vuelos que cubren en su totalidad el área de interés (Tabla 1) y se siguió la metodología CIAF-ITC:

- Agrupación de litologías a partir de contrastes tonales surgidos de las diferencias composicionales y texturales de las rocas.
- La vegetación y la red de drenaje son usadas en la diferenciación de unidades fotogeológicas ya que ellas se integran en los grupos litológicos con respuesta ante la reflexión de la luz como similares.

El proceso de transferencia de la interpretación de fotografías aéreas individuales se realizó, sobre una base cartográfica a escala 1:25.000.

Tabla 1. Fotografías aéreas utilizadas para la fotointerpretación de las planchas 98 - Durania y 99 - Villa del Rosario.

VUELO	ESCALA	AÑO	SOBRE	FOTOS
M-1075	1:55.000	1961	1169	14459-14487
M-1055	1:60.000	1961	2279	13140-13172
C-1994	1:30500	1981	30764	0025-0044
C-2176	1:32.950	1985	32636	000092- 000104
C-2201	1:30.850	1985	32927	000136- 000156
C-2222	1:43.100	1985	33162	0119-0133
C-2222	1:39.300	1985	33163	0134-0147
C-2413	1:25.300	1990	35576	00092-00125
C-2482	1:26.600	1992	36338	00029-00057
C-2443	1:47.300	1991	35983	00134-00164
C-2443	1:50.300	1991	35984	0165-0179
C-2455	1:50.400	1991	36100	000184- 000189
C-2500	1:36.200	1991	36530	0000-0024
C-2500	1:36.200	1992	36530	0000-0024
C-2551	1:26.500	1995	37052	000223- 000247

1.3.3 Fase de campo

La fase de campo (Figura 2) consistió en la identificación y descripción de las unidades, así como el estudio de la distribución espacial y sus relaciones estratigráficas en la región de estudio. Para esta fase los geólogos contaron con el equipo apropiado, el cual constaba de: brújula, GPS, martillo, bastón de Jacob, cámara fotográfica digital y todas las herramientas apropiadas para realizar pruebas mínimas de campo y mediciones básicas para el levantamiento geológico, incluidos los estratigráficos, estructurales y muestreo geoquímico.

Para la descripción de los diferentes tipos de rocas sedimentarias, tanto en las transectas como en las columnas estratigráficas, se siguió la clasificación de Dunham (1962) y Folk (1954, 1974) para las rocas calcáreas y la clasificación de Folk (1954) para las rocas siliciclásticas; se tuvo en cuenta además la clasificación de Pettijhon (1975). También se emplearon los conceptos de madurez de Dott (1964) y Krumbein & Sloss (1963), y las clasificaciones para redondez y calibrado

de Powers (1953). El registro de la información se hizo de manera simultánea en planchas topográficas a escala 1:25.000 y en libretas de campo, ubicando los sitios para el levantamiento estratigráfico. Las descripciones geológicas se soportaron y complementaron con fotografías terrestres debidamente ordenadas, numeradas y clasificadas.

El levantamiento cartográfico se llevó a cabo de acuerdo a un espaciamiento entre estaciones de 500 m a 1000 m. La información registrada corresponde a aspectos de carácter litológico, petrográfico, estructural, estratigráfico y paleontológico, además de la información referente a ocurrencias minerales. Las estaciones se localizaron mediante GPS y se registraron en los mapas topográficos. Para la numeración de las estaciones de campo, INGEOMINAS asignó a cada geólogo un código de letras que corresponde a las iniciales de los nombres y apellidos, seguido de un número consecutivo que inicia en 001.



Figura 2. Imágenes que resumen el proceso de colección y archivo de muestras.

1.3.3.1 Levantamiento de columnas estratigráficas

La elección de los sitios para el levantamiento de las columnas o secciones estratigráficas fue realizada durante el desarrollo de la cartografía geológica. Se ubicaron los puntos donde estaban más expuestas las unidades y con una menor perturbación tectónica. En total se levantaron cuatro columnas estratigráficas correspondientes a las formaciones Tibú - Mercedes, Aguardiente, La Luna y Mirador.

Los puntos de inicio de las secciones se localizaron mediante el levantamiento de una poligonal a cinta y brújula, amarrada a un punto arcifinio cercano, el cual se localizó con el GPS. Estos datos y la representación gráfica se hicieron a escala 1:200. Junto con la descripción estratigráfica se tomaron muestras de rocas para análisis petrográficos, paleontológicos y químicos que fueron localizadas estratigráficamente en la secuencia. Para el levantamiento de las secciones estratigráficas se siguieron los siguientes pasos:

- Para la medición de la sección se utilizó el bastón de Jacob. En algunos sitios donde no era posible el uso del bastón se calculó el espesor mediante una poligonal levantada con cinta y brújula y aplicando luego los respectivos métodos de cálculo.
- La unidad de medida fue el metro.
- Para la descripción de campo y el registro de la información de cada sección estratigráfica, se siguieron los estándares y formatos establecidos por INGEOMINAS.
- Se colectaron muestras bioestratigráficas georreferenciadas con el sistema de posicionamiento global (G.P.S), con las coordenadas correspondientes al sitio de levantamiento de la columna estratigráfica y se localizaron en la sucesión de la columna.
- Las muestras se identificaron con un código de letras que corresponden a las iniciales de los nombres y apellidos, seguidas de un número consecutivo que inicia en 001. El código se marcó en las bolsas en las que se empacaron las muestras; además, dentro de cada bolsa, va un rótulo con el código de la muestra.

- Las secciones estratigráficas llevan fotografías digitales en cada rasgo de interés.
- En campo, el bastoneo y las poligonales se señalizaron mediante pintura acrílica, con un orden consecutivo (p.e. B-0, B-1) para el bastoneo y P-0, P-1 para puntos de poligonal, con el propósito de facilitar la ubicación estratigráfica de las muestras y para una posible revisión (Figura 3).

Para presentar este trabajo de estratigrafía se utilizan una serie de convenciones que se observan en la tabla 2.

Tabla 2. Convenciones utilizadas en las descripciones de las columnas estratigráficas levantadas en la planchas 98-Durania y 99-Villa del Rosario.

CONVENCIONES		
LITOLOGÍA	SELECCIÓN	ESTRATIFICACIÓN INTERNA
Arcillolita/Shale	Muy bien seleccionada <i>mbs</i> Bien seleccionada <i>bs</i> Moderadamente seleccionada <i>ms</i> Pobremente seleccionada <i>ps</i> Muy mal seleccionada <i>mms</i>	Plana paralela Plana paralela discontinua Plana no paralela Lenticular Nodular Gradada Ondulada paralela Ondulada no paralela Inclinada Sin estratificación
Lodolita	REDONDEZ	ESTRUCTURAS INTERNAS
Limolita	Muy angular Angular Subangular Subredondeado Redondeado Bien redondeado	Nódulos Concreciones Venas Madrigueras Oolitos Huellas de Pisadas Moldes de carga
Arenita	MATRIZ-CEMENTO	FÓSILES
Conglomerado	Matriz-soportada <i>MS</i> Grano-soportada <i>GS</i>	Amonitas Bivalvos Algas Foraminíferos
Chert	MINERALES ACCESORIOS	
Caliza	Glaucanita <i>G</i> Hematita <i>H</i> Mica <i>(</i> Nódulos Fosfáticos <i>P</i> Pirita <i>#</i> Siderita <i>S</i>	
Caolín		
Carbón		



Figura 3. Levantamiento de poligonal en vía Arboledas – Cucutilla de la Formación Aguardiente.

1.3.3.2 Descripción de fallas

Para el levantamiento de la información relacionada con las fallas se tomó la siguiente información:

- Orientación y buzamiento del plano de falla, tipo de roca en los respaldos de la falla, curvatura del plano de falla y amplitud de la falla o de la zona de falla.
- Lineaciones en el plano de falla, naturaleza de las lineaciones, sentido del movimiento, pliegues asociados, relación con otras fallas, sentido de cizallamiento.
- Datos de orientación de estructuras sintéticas y antitéticas.

- Tipo de deformación, dúctil o frágil, tomando muestras de roca orientadas para sección delgada.

1.3.3.3 Muestreo

La ejecución de este proyecto requirió la toma en campo de tres (3) tipos de muestras: paleontología, petrografía y exploración geoquímica; las cuales llevan el mismo número de la estación, indicando si se tomó para reconocer la petrografía de la roca, su composición química, su composición faunística y florística, su geoquímica y la composición de los sedimentos activos. Agregándose las letras A, B, C y siguientes en sitios donde se colectó más de una muestra. Las muestras de roca recolectadas en el campo se empacaron en bolsas plásticas identificadas con el número de la muestra y selladas con cinta.

Muestreo para petrografía:

Se seleccionaron 379 muestras de un tamaño no inferior a diez (10) centímetros de diámetro (algunas fueron orientadas y referidas a una sección estratigráfica ya descrita), definiendo el techo y la base mediante una flecha dibujada sobre la muestra, cuya punta indica siempre el techo de la unidad.

Muestreo para exploración geoquímica:

El número total de muestras de sedimentos activos de corriente tomados en las planchas 98 y 99 fue de 379 muestras. En cada toma de sedimento se siguieron los formatos de captura de información de campo dados por INGEOMINAS (Figura 4).



Figura 4. Muestreo para exploración geoquímica.

1.3.4 Fase de análisis petrográfico

En las muestras seleccionadas se empleó la numeración IGM de INGEOMINAS y se relacionó en listados adicionales que contenían el número de la estación de campo, sus coordenadas, altura, localización geográfica del sitio, tipo de muestra, plancha topográfica, clasificación y unidad litológica a la que pertenece. Se tiene un total de 190 secciones delgadas y 20 muestras paleontológicas.

1.3.5 Fase analítica

Se realizó la interpretación de los datos, análisis y generación de resultados a partir de la información obtenida en campo, el montaje de la información en mapas, la reinterpretación fotogeológica, la elaboración de columnas estratigráficas y elaboración de diagramas de correlación estratigráfica y de contenido fósil.

1.3.6 Fase de elaboración del informe final

A partir de la información colectada en campo, revisión bibliográfica y análisis petrográficos y bioestratigráficos, se realizó el proceso de revisiones, ajustes, modificaciones y adiciones de la memoria explicativa de la geología de las planchas 98 “Durania” y 99 “Villa del Rosario”.

2. ESTRATIGRAFÍA

El área de estudio se ubica sobre la vertiente oriental de la Cordillera Oriental y en la esquina sureste donde se bifurca la Cordillera Oriental Andina. Afloran rocas metamórficas, ígneas y sedimentarias con edades que varían desde el Precámbrico hasta depósitos cuaternarios. La descripción estratigráfica se realizó por edad geológica y unidad litoestratigráfica. Cada unidad se describe teniendo en cuenta su nomenclatura, las áreas de exposición, caracterización litológica, espesor, contactos, edad y correlaciones, principalmente.

2.1 UNIDADES DEL PRECÁMBRICO Y PALEOZOICO

2.1.1 Neis de Bucaramanga (P_εb)

2.1.1.1 Nombre y sección tipo

El nombre original es propuesto por Goldsmith, et al (1971) y usado por Ward, et al (1973) para definir “una secuencia de rocas metasedimentarias de alto grado en facies anfibolita y presión baja, con retro-metamorfismo conformado por paragneis pelítico, semipelítico, así como esquistos y cantidades subordinadas de gneis calcáreos, mármoles, gneis horbléndicos y anfibolitas”. La sección tipo de esta unidad se ubica en el frente montañoso al este de la ciudad de Bucaramanga-Cerros La Judía y Morro Negro (Royero y Clavijo, 2001). Así mismo, estos dos autores plantean que el uso del término Complejo Bucaramanga, es el más apropiado para la literatura geológica de esta región debido a la variación de sus características litológicas y a la compleja evolución geológica de esta unidad.

Según Ward (1973) el Neis de Bucaramanga aflora en tres fajas cuya dirección es N-S. La faja occidental se encuentra en la margen este del Sistema de Fallas Bucaramanga – Santa Marta y se extiende por el norte hasta el Batolito de Río Negro y, al sur hasta el Batolito de Santa Barbará. La faja central se extiende desde el municipio de Berlín hacia el norte, y desde el área de California - Cachirí hacia el este, hasta la región noroeste de Mutiscua. La faja oriental, separada en diferentes bloques tectónicos, se encuentra localizada entre Pamplona y Chitagá y hacia el oeste de la Falla de Chitagá. Al este de Chitagá, está conformado por gneis estratificado de cordierita – sillimanita – biotita – cuarzo – feldespato muy

inyectado por pegmatita moscovítica presumiblemente relacionada con el Granito de Durania. No se presentan ortoneis, pero si algunas anfibolitas.

2.1.1.2 Descripción litológica

Esta unidad se observa al oeste de la Falla de las Mercedes donde se encuentra en contacto discordante con las siguientes unidades: Ortoneis, Formación Bocas y Formación Girón. Los mejores afloramientos se observaron en el sector de la Finca la Quinta cerca al río Peralonso (cuadrícula A-3). También aflora al este de la Falla de Gramalote sobre la carretera que conduce de Arboledas al corregimiento de Villa Sucre (cuadrícula D-6) y en la vía Villa Sucre – Durania. En el sur, aflora en las Veredas San Miguel Alto y Quebrada la Colonia (cuadrículas G-7 y H-7).

Esta unidad se caracteriza por la presencia de una gran variedad litológica conformada por esquistos, neises y anfibolitas. Geomorfológicamente, forman montañas con pendientes altas y geometrías alargadas bastantes resistentes a la erosión que contrastan con las zonas adyacentes más bajas. En general, las rocas del Neis de Bucaramanga presentan una coloración grisácea y tonalidades verdes en roca más fresca. En algunos sectores (cuadrículas A-2 y E: 5) esta unidad se ve instruida por rocas ígneas graníticas.

Los neises que se observan en la finca La Quinta macroscópicamente presentan grano medio a grueso, con láminas de cuarzo y láminas micáceas oscuras; el bandeamiento en algunos sectores está bien desarrollado con capas gruesas de color claro conformadas por cuarzo y feldespato, en otros hay bandeamiento fino pero bien definido. En algunos sectores presentan minerales metálicos (pirita y calcopirita) y granates de color rojo oscuro. Microscópicamente los neises biolíticos muestran una composición de cuarzo (30%), feldespato (30%) biotita (20%), moscovita (5%), caolín (10%) y opacos (5%), además de presentar clorita secundaria por alteración de las micas, los cristales presentan formas euhedrales y subhedrales de cuarzo y plagioclasas con textura granolepidoblástica caracterizada por una alternancia de bandas de cuarzo y feldespato con bandas de biotita (Figura 5).

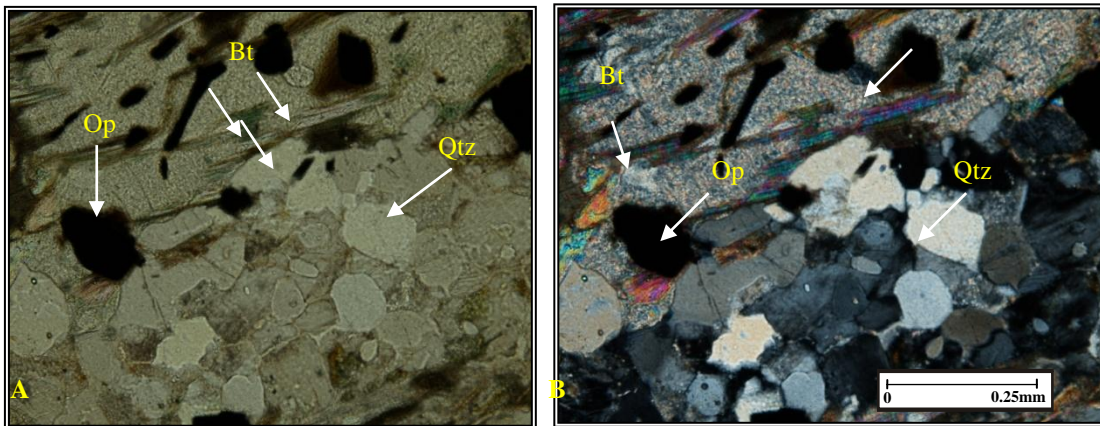


Figura 5. Sección delgada de un neis biotítico de la Unidad Neis de Bucaramanga (No IGM: 14630). La roca está compuesta principalmente por cuarzo (Qtz), biotita (Bt), minerales opacos (Op) y clorita (Chl). A. PPL, B. PPX.

Hacia el sur de San José de la Montaña (cuadrícula F-6) afloran esquistos grises con predominio de moscovita y cuarzo con porcentajes menores de granate y andalusita microscópicamente compuestos por cuarzo (40%), feldespato (10%), moscovita (35%), anfíbol (10%), opacos (5%) y granate; presentan texturas lepidoblásticas (Figura 6).

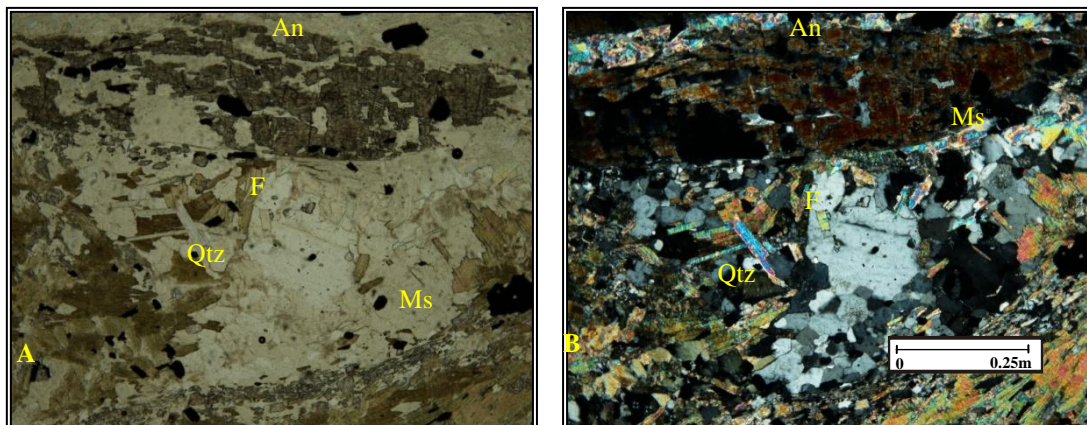


Figura 6. Sección delgada de un Esquisto moscovítico con Andalusita y granate del Neis de Bucaramanga. La roca está compuesta principalmente por Cuarzo (Qtz), moscovita (Ms) y Feldespato (F). Se observan cristales tabulares de Andalusita (An). A. PPL, B PPX.

En el sur de Castro (cuadrícula G-3) se encuentran rocas melanocráticas con estructura néisica dada por la orientación de los cristales de hornblenda clasificadas como neises anfibólicos (Figura 7). Compuesta petrográficamente por hornblenda (60%), plagioclasas (10%), sericita (15%) y biotita (15%). La textura predominante es granoblástica finogranular.

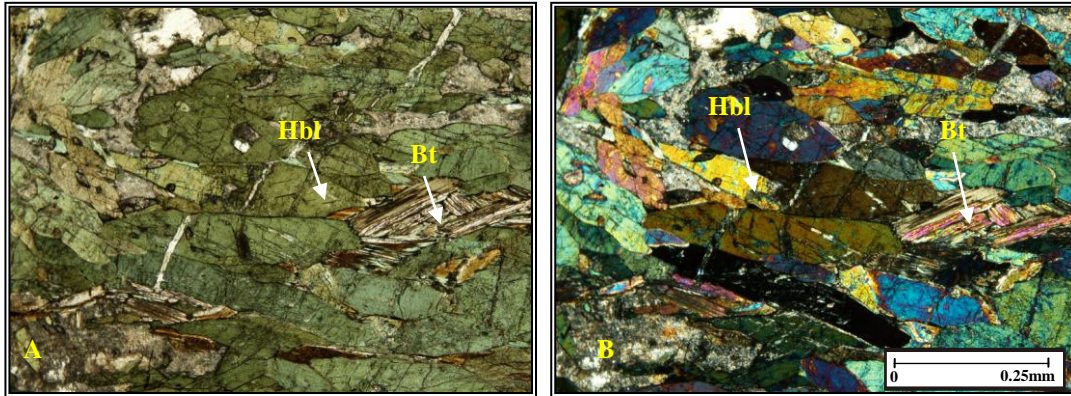


Figura 7. Sección delgada de un neis anfibólico de la Unidad Neis de Bucaramanga. La roca está compuesta principalmente por hornblenda (Hbl) y biotita (Bt). A. PPL, B. PPX.

En cercanías al Municipio de Villa Sucre se observan esquistos cuarzo, feldespáticos micáceos de color verde grisáceo, y esquistos sericíticos. En la Vereda San Miguel Alto, se observan neises, cuarzo, micáceos, hornbléndicos con microplegamientos. Hacia el sur, afloran esquistos micáceos de color verde y esquistos cuarzo feldespático micáceos altamente meteorizados.

Las paragénesis metamórficas plagioclasas-cuarzo, plagioclasas-feldespato potásico y cuarzo-biotita (neises cuarzo feldespáticos); cuarzo-biotita, plagioclasas-cuarzo, feldespato potásico-cuarzo (neises cuarzo biotíticos); cuarzo-plagioclasas-moscovita + granate y andalusita (esquistos cuarzo moscovíticos con granate) indican unas condiciones bajo a medio grado desde la facies esquistos verde hasta la parte superior de la facies anfibolita. En algunos sectores se identifica un evento metamórfico sobre impuesto relacionado con la actividad tectónica del área (cuadrícula E-5), observándose en los porfiroblastos (Figura 8).

2.1.1.3 Posición estratigráfica y edad

Los contactos de la unidad generalmente son rectilíneos generados posiblemente por un control tectónico y con rocas del Triásico y Cretácico inferior (Formación Tibú Mercedes) al parecer es discordante. El contacto con el ortoneis no es claro posiblemente sería intrusivo o gradacional.



Figura 8. Afloramiento de un neis Augen. Se observan porfiroclastos de feldespató.

El Neis de Bucaramanga se correlaciona con las rocas metamórficas precámbricas de la Sierra Nevada de Santa Marta debido a sus características petrográficas similares según Tschanz (en Royero, 2001), así como con rocas de basamento de Hea y Whitman y a la Serie Perijá de Sutton (en Ward et al, 1973). Royero (2001) señala que “El Neis de Bucaramanga”, en la Plancha 111-Toledo, se prolonga en dirección noreste en Venezuela donde es conocido como Grupo Iglesias, con dataciones entre 600 y 1.400 Ma, que indican claramente una edad precámbrica (Bellizzia et al., 1976)”.

Aunque la edad de estas rocas no ha sido definida con claridad en el área de estudio, de acuerdo a Ward et al (1973) "... el Neis de Bucaramanga puede reflejar un ciclo de la orogenia del Precámbrico tentativamente colocado alrededor de 950-945 m.a..."

2.1.2 Formación Silgará (pDs)

2.1.2.1 Nombre y sección tipo

Definida por Ward et al (1973) como "una secuencia de rocas clásticas metamorfoseadas, típicamente delgada y cíclicamente estratificadas, que consta de pizarra, filita, meta-limolita, meta-arenisca impura, meta-waca y meta-waca guijarrosa con menos cantidades de pizarra y filita calcárea". La sección tipo se ubica sobre la Quebrada Silgará, en la parte noreste del Cuadrángulo H-12 Bucaramanga, al sur del Río Cachirí.

2.1.2.2 Descripción litológica

La Formación Silgará, se distribuye en franjas con dirección preferencial N-S: al este de la Falla de Gramalote en los alrededores del Municipio de Cucutilla y al este de la Falla de las Mercedes. Geomorfológicamente, forma montañas con pendientes altas y geometrías redondeadas. Esta unidad se caracteriza por presentar tres tipos de litologías específicas: filitas, meta-arenitas y esquistos con coloraciones gris verdosas y tonalidades amarillas debido a la oxidación. En algunos sectores (cuadrícula G-5) esta unidad se ve intruida por ortoneises de protolito granítico (Figura 10).

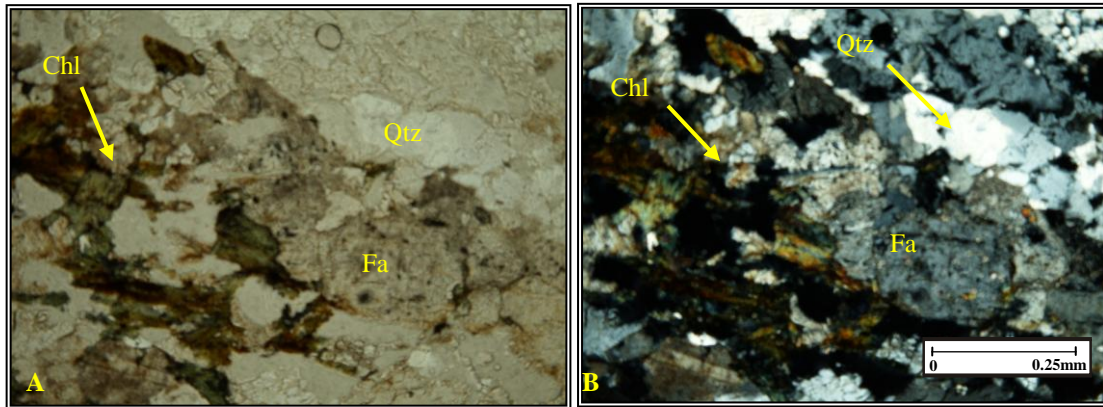


Figura 9. Sección delgada de un Neis cuarzo feldespático (ortoneis). La roca está compuesta principalmente por Cuarzo (Qtz) y Feldespato (Fa). Se observa clorita (Chl). A. PPL, B PPX.

Las mejores exposiciones de la Formación Silgará se observan en la vía que comunica al Municipio de Cucutilla con Pamplona (cuadrícula H-6), donde afloran filitas con intercalaciones de meta-arenitas. Las filitas son cuarzo moscovíticas de color gris claro; las meta-arenitas son de grano fino, color amarillo verdoso, constituidas fundamentalmente por feldespato potásico, plagioclasas, cuarzo, fragmentos líticos y clorita como mineral de alteración, los granos presentan formas subhedrales de cuarzo y plagioclasas, mal seleccionadas. Los esquistos de esta unidad afloran en la vía Cucutilla - Castro (cuadrícula E-4, F-4), se clasifican como esquistos sericíticos de coloración verdosa con o sin porfiroblastos de granate y esquistos moscovíticos y biotíticos, estos últimos se observan muy plegados (Figura 10). De acuerdo con Arenas (2004) y dadas las asociaciones minerales que se presentan en el área, esta unidad fue sometida a metamorfismo regional de bajo a medio grado, desde la facies esquistos verde a anfibolita.



Figura 10. Esquistos de la Formación Silgará en la vía Cucutilla – Castro.

2.1.2.3 Espesor, posición estratigráfica y edad

En el área de estudio el espesor de esta formación no puede ser determinado pero de acuerdo con Ward et al (1973) una sección estratigráfica incompleta fue medida desde Pescadero hasta el área de la Mesa de San Pedro dando un espesor aproximado de 3700 m (descontando pliegues y fallas). La Formación Silgará se ha correlacionado con los grupo Güejar según Trumpy (1943) (en Ward et al, 1973), y Quetame, según Campbell & Bürgl (1965) (en Ward et al, 1973) de la Cordillera Oriental. También es comparable con la Serie de Perijá, considerada del Cámbrico - Ordovícico según Forero, (1969, 1970) (en Ward et al, 1973).

Más recientemente, de acuerdo con Núñez (2000) las Filitas y Esquistos de Busbanzá se co--rrelacionan con los esquistos micáceos con intercalaciones menores de metaareniscas y metawacas, los cuales afloran en una franja alargada en dirección NS y se extienden desde el Municipio de Tane hasta el sur del Alto Morro Negro, al oeste de la población de Chitagá en el Departamento de Norte de Santander (Rodríguez, G. I., comunicación verbal). Estas rocas pertenecen a la Formación Silgará, específicamente a las de la faja Pamplona - Chitagá, definida por Ward et al. (1973).

Así mismo este autor señala que “Las relaciones estratigráficas de las Filitas y Esquistos de Busbanzá y de la Formación Silgará son similares; ambas unidades se encuentran intruidas por granitos ordovícicos sincinemáticos y cubiertas discordantemente por rocas sedimentarias. La Formación Silgará está intruida por un ortoneis cuya edad mínima, basada en datos radiométricos, es ordovícica y está cubierta discordantemente por la Formación Floresta, sin metamorfosear (Ward et al., 1973); de igual modo, Restrepo (1995) reporta un granitoide de 477

+ 16 Ma, según U/Pb, emplazado en concordancia estructural en las rocas de la Formación Silgará”.

Así mismo hace referencia que “Cerca de Floresta, Departamento de Boyacá, al Sur del área cartografiada, la Formación Floresta sin metamorfosear, contiene fósiles del Devónico medio y descansa discordantemente sobre rocas metasedimentarias semejantes a las de la Formación Silgará. Relaciones parecidas se observaron en el área de Mogotes y cerca de Covarachía. La Formación Silgará, es ciertamente, Pre-Devónico y un periodo de metamorfismo regional, levantamiento y erosión, debe haber ocurrido entre el tiempo de deposición del Silgará y la acumulación de la Formación Floresta (Ward et al., 1973)”. Por lo tanto, teniendo en cuenta lo expuesto por el autor anteriormente y considerando las relaciones estratigráficas precisadas, la edad de la Formación Silgará probablemente corresponde al intervalo Cámbrico – Ordovícico temprano (Pre-Llanvirniano), que correspondería con la orogenia caledoniana.

2.1.3 Ortoneis (p \in o)

2.1.3.1 Nombre y sección tipo

Como Ortoneis fue definido por Ward, et al. (1973) un cuerpo metamórfico de origen ígneo, con estructura néisica, aspecto masivo y composición félsica a intermedia. Royero & Clavijo (2001) proponen el nombre de Ortoneis de Berlín por encontrarse la sección tipo en los alrededores de Berlín, donde tiene su mayor extensión y está mejor expuesto (carretera Bucaramanga-Pamplona).

2.1.3.2 Descripción litológica

En la plancha 98 (Durania), esta unidad aflora al oeste de la Falla de Las Mercedes (cuadrículas A-4, B-4 y C-4) poniéndola en contacto con rocas cretácicas y paleógenas de la cuenca del Catatumbo y hacia el sur (cuadrículas H-4) sobre el Río Cucutilla.

Macroscópicamente se observan unas rocas bandeadas, tamaño de cristales medios a gruesos con una orientación definida, compuesta por cuarzo, feldespato rosado, anfíboles y biotitas, con un origen cercano a rocas graníticas y granodioritas, en algunos sectores se observan los cristales de cuarzo y ortoclasa fracturados, lo cual evidencia procesos metamórficos secundarios, también se observan texturas migmatíticas tipo augen.

En el carretable Salazar de las Palmas - Alto Angulo, se observa una roca metamórfica de color gris claro, holocristalina, fanerítica inequigranular de cristales gruesos, estructura néisica, se reconocen feldespatos, cuarzos y minerales máficos. Petrográficamente (Figura 11) se clasifica como un ortoneis cuarzo feldespático, de textura lepidoblástica compuesta por Feldespato potásico (34.1%), plagioclasas (2.4%), biotita (21.9%), cuarzo (41.4%) además de minerales opacos, caolín y sericita, estos últimos como producto de alteración de los feldespatos.

Las paragénesis metamórficas plagioclasas-cuarzo, plagioclasas-feldespato potásico y cuarzo-biotita, indican unas condiciones de metamorfismo de bajo a medio grado desde la facies esquistos verde hasta la parte superior de la facies anfibolita.

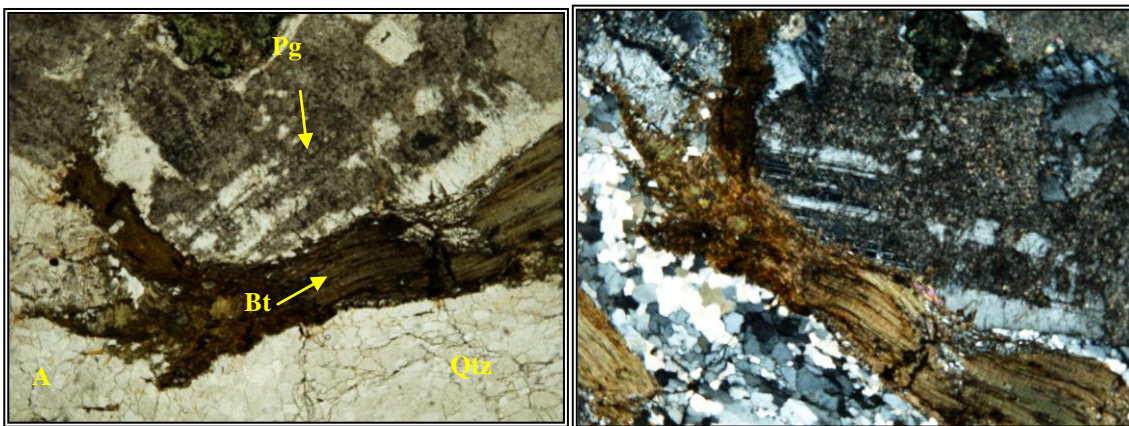


Figura 11. Sección delgada de ortoneis cuarzo-feldespático con textura lepidoblástica.

2.1.3.3 Posición estratigráfica y edad

Los contactos de la unidad generalmente son fallados, en otros puntos se indica contactos intrusivos con la Formación Silgara.

La edad de esta unidad según Ward, et al., (1973) puede abarcar desde el Proterozoico superior al Paleozoico inferior. Sin embargo hay datos radiométricos que han arrojado edades mínimas; por ejemplo, la datación Rb/Sr en roca total de un ortoneis en el Río Caraba (Norte de Santander) dio una edad de 450 ± 80 m.a., y la datación K/Ar en una metadiorita al occidente de Ocaña que determinó una edad de 413 ± 30 m.a (Goldsmith, et al., 1971).

De acuerdo con Maya (2001) “Un evento tectonotérmico durante el Ordovícico Temprano a Medio afectó el basamento compuesto por un paquete pelítico y la serie de granitos intrusivos sintectónicos, en condiciones metamórficas de las facies esquisto verde y anfibolita, de acuerdo a las dataciones Rb-Sr en roca total de 440 ± 80 Ma (Goldsmith *et al.*, 1971), U-Pb sobre circón entre 417 Ma y 392 Ma (Banks *et al.*, 1985) y U-Pb en circón de 477 ± 16 Ma interpretada como edad de cristalización (Restrepo-Pace, 1995). Este evento ha sido llamado Ciclo orogénico Caparonensis en los Andes de Mérida (González de Juana *et al.*, 1950), y se correlaciona con la Orogenia Caledoniana. Sin embargo no se descarta una edad precámbrica”.

La unidad Ortoneis está cubierta inconformemente por la Formación Floresta, del Devónico medio, e intruye la Formación Silgará, probablemente del Cambro-Ordovícico y al Neis de Bucaramanga de posible edad precámbrica (Maya, 2001). Por lo tanto esta unidad podría abarcar desde el Devónico inferior al Ordovícico, o ser en parte Precámbrico (Ward *et al.*, 1973).

2.1.4 Formaciones Floresta (Df) y Diamante (Cd)

NE. No se tienen descripciones sobre la litología y la exposición de estas dos unidades en la zona de estudio. Aparecen en el mapa solo en una pequeña zona, en los cuadrángulos H5 y H6 de la plancha 98.

Descripciones detalladas de la litología y análisis de la posición estratigráfica de la Formación Floresta en una zona cercana se encuentran en la Memoria de la Plancha 111 Toledo (Royero y Zambrano, 1987). La Formación Diamante podría corresponder a la unidad descrita como Carbonífero – Pérmico del cañón del río Chitagá en el mismo trabajo.

2.2 UNIDADES DEL JURA - TRIÁSICO

2.2.1 Unidades sedimentarias

2.2.1.1 Formación Bocas (Jb)

2.2.1.1.1 Nombre y sección tipo

Esta formación fue inicialmente designada como “Bocas Series” por Dickey (1941), luego redefinida como Formación Bocas por Ward, *et al.* (1973). La sección tipo se encuentra en cercanías de la localidad de Bocas al norte de Bucaramanga, donde

está constituida por areniscas rojizas y gris verdosas ligeramente calcáreas, limolitas rojizas y verdosas ligeramente calcáreas, areniscas conglomeráticas y shales negros carbonáceos.

2.2.1.1.2 Descripción litológica

Esta unidad aflora en la plancha 98 (cuadrícula D-2), sector del Páramo de Cáchira, donde de acuerdo con Royero & Clavijo (2001) está constituida por una alternancia de lodolitas de color gris claro a amarillo, areniscas de grano fino a conglomeráticas, amarillentas, con lodolitas calcáreas, gris verdosas, lodolitas grises a gris verdosas, conglomerados gris verdosos con guijos de cuarzo y lodolitas grises, fosilíferas. Hacia el sur de Chinácota, esta unidad litológicamente presenta intercalaciones de areniscas de grano muy fino de color rojizo con areniscas cuarzosas de grano medio, grises, limolitas grises, areniscas de coloración verdosa y areniscas conglomeráticas de color amarillo compuestas por cuarzo y plagioclasas; la forma de los granos es subesférica a angular.

2.2.1.1.3 Espesor, posición estratigráfica y edad

De acuerdo al levantamiento en su sección tipo realizado por Ward et al (1973) la Formación Bocas tiene un espesor aproximado de 590 m. En el área del Páramo de Cáchira el espesor es de 110 m aproximadamente (Mejía et al. 1974).

En el área de Santander esta unidad se encuentra entre la Formación Diamante (contacto inferior) y la Formación Jordán (contacto superior) (Ward et al, 1973). Según Royero & Clavijo (2001) también se observa en discontinuidad estratigráfica sobre el Neis de Bucaramanga y las formaciones Silgará y Floresta e infrayace concordantemente a la Formación Girón. En el área de estudio no se puede medir su espesor ni su relación estratigráfica con otras unidades ya que se encuentra en contacto fallado con rocas del Jurásico y Cretácico por el occidente y con rocas del Grupo Uribante por el este.

La edad de esta unidad fue determinada como Triásico por Ward et al (1973), aunque posteriormente Remy et al. (1975) con base en conodontes establece una edad Jurásico inferior. La Formación Bocas se correlaciona en parte con las formaciones Montebel y Batá.

2.2.1.1.4 Ambiente de depósito

Con base en la litología podría interpretarse que esta unidad se depositó en un ambiente de planicie aluvial en un clima árido o semiárido.

2.2.1.1. Formación Girón (Jg)

2.2.1.1.1 Nombre y sección tipo

Nombre dado por Hettner (1892) para designar un conjunto grueso de areniscas, conglomerados y limolitas color marrón rojizo que afloran en los alrededores de los municipios de Girón y Zapatoca, Santander. Posteriormente Langenheim (1954) definió la sección tipo en el Río Lebrija y la dividió en tres miembros: uno inferior arenoso (750 m), uno intermedio lodoso (1.250 m) y otro superior arenoso (1.500 m) para un espesor total de 3.500 m. Otros autores también realizaron estudios de la Formación Girón, como Julivert (1958) y Navas (1963). Sin embargo, el estudio que presenta mayor detalle es el de Cediél (1968), quien en la sección tipo del Río Lebrija, describió ocho conjuntos litológicos (A-H), denominando la unidad Grupo Girón, siendo los conjuntos A-G correspondientes a la Formación Girón y el conjunto H a la Formación Los Santos, midiendo un total de 4.650 m en su sección tipo. Clavijo, et al. (1993) (en Royero & Clavijo, 2001) propuso el término de Formación Angostura del Río Lebrija, para reemplazar el de Formación Girón del Jurásico superior que corresponde a la unidad inferior del Grupo Girón de Cediél (1968).

2.2.1.1.2 Descripción litológica

La Formación Girón aflora en la parte occidental de la planchas 98 sector del Páramo de Cáchira, también al este de la Falla de Gramalote la cual la pone en contacto con rocas cretácicas y paleógenas de la cuenca del Catatumbo. En el área de estudio la Formación Girón está compuesta de areniscas cuarzosas de grano fino a medio, micáceas, de color rojo a violeta, con intercalaciones de limolitas rojas, bastante fracturadas.

En el tramo de la vía secundaria que comunica El Diamante con Chinácota (cuadrícula F-9), la Formación Girón, está constituida por areniscas micáceas de color rojo y lodolitas grises micáceas intercaladas con areniscas de color gris en capas medias. Por la vía Cúcuta – Pamplona (cuadrícula H-8), se observan capas medias de arcillolitas, limolitas y conglomerados polimícticos, matriz soportados, con armazón compuesto por grava de regular selección y de forma angular (Figura 12). Las gravas son de cuarzo, feldespato y líticos y la matriz es de arena de grano medio cuarzosa.

2.2.1.1.3 Espesor, posición estratigráfica y edad

En el área de estudio no se puede establecer su posible espesor. Sin embargo en el sector del Páramo de Cáchira es aproximadamente de 1140 m. (Mejía et al.

1974). En el área de la plancha 111-Toledo (Royero, 2001), el espesor de la Formación Girón fue calculado entre 200 y 250 m. En el Departamento de Santander el espesor de esta unidad varía considerablemente de un sitio a otro, desde unos pocos metros hasta 4.650 m en el Río Lebrija (Royero & Clavijo, 2001).

La base de la Formación Girón, reposa discordantemente sobre la Formación Bocas, el Neis de Bucaramanga y el Ortoneis. El techo de la Formación Girón presenta una discontinuidad estratigráfica (para conformidad) con la Formación Tibú Mercedes del Cretácico medio.

Para el Grupo Girón se ha establecido una edad Jurásico superior-Cretácico inferior (Pons, 1982). En general la Formación Girón ha sido correlacionada con la Formación La Quinta del Jurásico superior en el occidente de Venezuela, a la cual le fue asignada una edad Jurásico Medio-Superior (Maze, 1984 en Royero, 2001).



Figura 12. Vereda Barrientos (sur del Municipio de Salazar), se observan capas medias de arcillolitas y conglomerados polimícticos, matriz soportados, de la Formación Girón.

2.2.1.1.4 Ambiente de depósito

De acuerdo con Cediel (1968) se observa en la Formación Girón tipos de estratificación cruzada que indican corrientes fuertes y constantes, características de ríos trezados. También se mencionan alternancia de ambientes de pantanos y ríos meándricos en una región al parecer paradeltaica. Hacia la parte superior de la formación las características de la unidad indican un ambiente marino somero.

2.2.2 Rocas ígneas intrusivas

2.2.2.1. Nombre

En el área afloran rocas ígneas plutónicas de composición granítica a cuarzo monzonítica. De acuerdo con Ward et al, (1973) el Macizo de Santander también incluye una serie de cuerpos ígneos considerados como batolitos, plutones y stocks, que varían en composición desde dioritas hasta granitos. Los datos de edad radiométrica muestran que en general pertenecen a un mismo intervalo de plutonismo, al que se le ha asignado edades entre el Triásico-Jurásico y el Jurásico y que posiblemente se podrían correlacionar con cuerpos ígneos que afloran en la plancha 98. NE. Estos últimos incluyen tres unidades: el Granito de Durania (TJgd), el Granito de Arboleda (TJgr) y los cuerpos no cartografiados.

Geomorfológicamente, forman montañas con pendientes altas y geometrías redondeadas poco resistentes a la erosión.

2.2.2.2 Granito de Durania (TJgd)

2.2.2.2.1 Nombre y sección tipo

Nombre introducido por Ward et al, (1973) para "un granito blanco moscovítico que forma plutones pequeños e intrusiones en una faja norte-sur que se extiende desde el área de Pamplona, en la parte oriental del cuadrángulo H-13 al norte hasta más allá de las poblaciones de Durania y Villa Sucre en Norte de Santander. La localidad tipo se encuentra en cercanías de la población de Durania donde hay una sección bien expuesta.

2.2.2.2.2 Descripción litológica

En una franja norte sur (cuadrículas C-8, D-8 y E-7), en cercanías al Municipio de Durania aflora una roca ígnea granítica plutónica de color blanco, fanerítica de cristales medios, constituida por cuarzo, plagioclasas y moscovita.

2.2.2.2.3 Posición estratigráfica y edad

En el área de estudio el granito se encuentra en contacto fallado con rocas del Cretácico inferior y superior y en contacto discordante con la Formación Tibú Mercedes. Según Ward et al, (1973) el Granito de Durania corta a la Formación Silgará, es post-metamórfico o metamórfico tardío y está cubierto por la Formación Tibú del Cretácico Medio, lo que indicaría que su edad está en un rango Ordovícico a Cretácico medio. Aunque este mismo autor señala que el rango más probable de edades para este intrusivo sea entre el Devónico y el Jurásico.

2.2.2.3 Granito de Arboleda (TJgr)

2.2.2.3.1 Descripción litológica

Hacia el sur de Arboledas, aflora un cuerpo ígneo granítico (cuadrículas F-4, F-5 G-4 y G-5), de color rosado, holocristalino, con cristales tamaño medio a fino, inequigranular, petrográficamente está compuesto principalmente por feldespato potásico (54,53%), cuarzo (33,3%) y plagioclasas (11,21%), además se observan minerales opacos y hornblenda. Los cristales tienen formas anhedrales a subhedrales y se observa un intercrecimiento y penetración del feldespato alcalino y el cuarzo (textura gráfica).

2.2.2.3.2 Posición estratigráfica y edad

En el área sur del Municipio de Arboledas, el granito se encuentra en contacto fallado con rocas de la Formación Silgará y Girón, el contacto oeste con la Formación Silgará no está expuesto, pero por xenolitos presentes en otras zonas donde aflora este mismo cuerpo se puede determinar que es intrusivo. Estos granitos cortan el Neis de Bucaramanga, la Formación Silgará y posiblemente la Formación Girón, lo que indicaría que su edad está en un rango Triásico-Jurásico.

2.2.2.4 Cuerpos no cartografiados

Existen otras apófisis no cartografiadas de composición granítica que cortan el Neis de Bucaramanga (Cuadrícula A-2) y la Formación Silgará (cuadrícula G-5). Estas rocas presentan una coloración rosada y verde, textura granular porfírica con matriz microcristalina y fenocristales de tamaño medio a grueso. Están compuestas principalmente por plagioclasas (11,2%), cuarzo (25,6%), feldespato potásico (53,6%) y clorita (9,6%) (Figura 13).

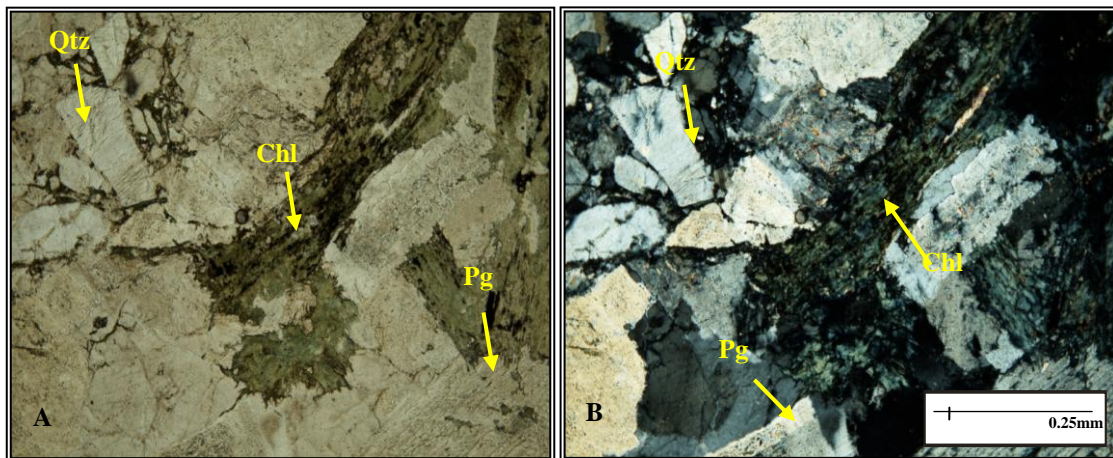


Figura 13. Sección delgada de la unidad de Rocas Ígneas Intrusivas, pertenecientes a los cuerpos no cartografiados. La roca está compuesta principalmente por Feldespato alcalino, cuarzo (Qtz) y plagioclasas (Pg.). Se observan cristales de clorita (Chl) como producto de alteración de la biotita. A. PPL, B PPX.

2.3 UNIDADES DEL CRETÁCICO

2.3.1 Formación Río Negro (K1rn)

2.3.1.1 Nombre y sección tipo

Hedberg en 1931 denominó "Río Negro Conglomerate" a unos depósitos de conglomerados y areniscas de grano grueso del Cretáceo inferior de la Serranía de Perijá, en Zulia (Venezuela). Hedberg & Sass (1937) la elevan al rango de Formación Río Negro y posteriormente Sutton (1946) y Miller (1960) restringen el

uso del término Formación Río Negro para la zona de areniscas o conglomerados que afloran próximos a la localidad tipo (Serranía de Perijá).

2.3.1.2 Descripción litológica

En el área de las planchas 98 y 99, se designa como Formación Río Negro a los depósitos terrígenos que infrayacen a las calizas de la Formación Tibú – Mercedes. Esta unidad en el área de estudio está pobremente expuesta. En un carretable de la Vereda Colchones vía a la Escuela Helechal, (cuadrículas A: 4-5) de base a techo afloran conglomerados rojizos con guijos subangulares de granito, lodolitas micáceas grises, lodolitas marrones y verdes, areniscas arcillosas ricas en materia orgánica, areniscas cuarzosas de grano medio en capas medias y gruesas, alternando con capas delgadas de lodolitas grises, areniscas cuarzo feldespáticas blancas, areniscas gris verdosas y lodolitas fosilíferas de color gris oscuro.

2.3.1.3 Espesor, posición estratigráfica y edad

En el área de estudio no se pudo medir su espesor ya que presenta contactos fallados y está pobremente expuesta. Hedberg & Sass (1937, en Julivert 1968) le dan un espesor de 3000 m en la localidad tipo. En la plancha 111 (Toledo), se midió una sección de 1277 m.

En Venezuela la Formación Río Negro se apoya discordante sobre los sedimentos pre-cretácicos y hacia el tope está en contacto transicional con la Formación Apón inferior (en Julivert 1968). En la plancha 111, la Formación Río Negro se encuentra paraconforme sobre la Formación Girón y hacia el techo tiene una relación concordante con la Formación Tibú Mercedes. En la plancha 99, el contacto superior es concordante con la Formación Tibú Mercedes. En la plancha 98, los contactos superior e inferior están fallados.

En Venezuela, esta unidad presenta bivalvos del tipo *Corbula* sp., *Buchia* sp., *Ostrea* sp., *Nuculana* sp., *Unio* sp., *Pholadomya* sp., *Protocardia* sp., *Modiolus* sp., gasterópodos, fragmentos de equinoideos y restos de vegetales (García Jarpa *et al.*, 1980 PDVSA en Julivert, 1968), restos de plantas del género *Weichselia* sp., y algas fósiles (Useche y Fierro, 1972 – PDVSA en Julivert, 1968). Con base en las relaciones de campo, y en la fauna y flora determinadas en Venezuela, la edad de la formación se considera Aptiano inferior y Barremiano-Neocomiano (en Schwarck Anglade *et al.*, 1956 en Julivert 1968).

2.3.1.4 Ambiente de depósito

Los ambientes de sedimentación de la Formación Río Negro son variables: La secuencia calcárea-lutácea y yesífera, se depositó en un ambiente de lagunas costaneras, llanuras de marea o albúferas, salinidad anormal, presumiblemente hipersalinas con poca circulación y baja oxigenación; la secuencia de areniscas con estratificación cruzada, se depositó en un ambiente deltáico a marino costanero; y la secuencia de conglomerados y areniscas coglomeráticas, en un ambiente deltáico, donde cada nivel de conglomerados indica una pequeña pulsación del ciclo fluvial, con disminución de la energía mecánica, de la base al tope de la secuencia. Según Fabre (1985) (en Royero, 2001) los sedimentos de esta unidad se depositaron en un ambiente marino litoral o en aguas tranquilas.

2.3.2 Grupo Uribante

Alfonso & Mondragón (2001) recopilan toda la historia de la definición de esta unidad, mencionando que el término Formación Uribante fue introducido por Sievers (1888 en Getty, 1982) para describir las rocas que afloran cerca al río Uribante en el estado Táchira en Venezuela. Así mismo señalan tal como lo hace Ward *et al.* (1973) que en Colombia su redefinición fue hecha por Notestein *et al.* (1944) quienes lo subdividen en tres unidades, los miembros cartografiados, Tibú, Mercedes y Aguardiente. Posteriormente Sutton (1946) (en Castillo y Ceballos, 1990) eleva el rango de Miembro Aguardiente a Formación, mientras que Renz (1959) hace lo correspondiente con los Miembros Tibú y Mercedes.

Salvador (1961) (en Richards, 1968) hace a un lado, el término Uribante de Sievers (1888) y Notestein (1944) y sigue la denominación de Formación Aguardiente establecida por Sutton (1946) y generaliza el término Formación Apón para agrupar las mismas unidades Tibú y Mercedes de Notestein, pero en calidad de miembros. Adicionalmente reconoce la presencia en el área de la Concesión Barco de la Formación Río Negro (Alfonso & Mondragón, 2001). Algunos autores como Bouman y Gibson (1964) incluyen dentro de la formación Tibú las facies clásticas incorporadas por Exxon (1993) e ICP (1998) (en Alfonso & Mondragón, 2001) en la Formación Río Negro. De esta forma, estos dos últimos estudios agrupan bajo la denominación de Grupo Uribante a las Formaciones Río Negro, Tibú, Mercedes y Aguardiente presentes en la Cuenca del Catatumbo. El Grupo Uribante presenta un espesor promedio de 2,000 m. (Alfonso & Mondragón, 2001).

En este trabajo se utiliza la nomenclatura presentada por Ward *et al.* (1973), en la que el Grupo Uribante está conformado por las formaciones Tibú - Mercedes (cartografiadas como una sola unidad) y Aguardiente.

2.3.1.1 Formación Tibú – Mercedes (K1tm)

2.3.1.1.1 Nombre y sección tipo

Las formaciones Tibú y Mercedes fueron definidas separadamente por Notestein et al, (1944) dentro del área de la Concesión Barco, por el Río Tibú y el Valle de las Mercedes y posteriormente redefinidas por Sutton (1946) y Renz (1959) (en Royero, 2001). La Formación Tibú en el área de la concesión Barco presenta en la base areniscas guijosas de grano grueso compuestas por cuarzo y en menor cantidad feldespato y hacia el tope predominio de calizas densas, interestratificadas con shale y areniscas de grano fino; el contacto transicional con la suprayacente Formación Mercedes estaría marcado por la aparición de shales.

Ward *et al*, (1973) cartografió esta unidad como una sola en el Departamento de Santander, de la misma forma que Royero (2001) en la vecina plancha 111-Toledo dada la afinidad litológica de estas formaciones que no permite diferenciarlas fácilmente; por lo tanto, se toman como una sola unidad litoestratigráfica y según la descripción de este último, está constituida en la parte inferior por lodolitas gris oscuras, calcáreas, areniscas cuarzosas de grano fino y algunas capas de conglomerado gris claro, calcáreo. En la parte media se presentan algunas capas de lodolitas calcáreas, limosas, grises, areniscas grises y calizas grises, en capas planas a lenticulares. La parte superior está conformada por areniscas cuarzosas, grises, grano fino, en capas delgadas y medianas, con intercalaciones de lodolitas gris oscuras y negras, calcáreas y calizas grises, en capas medianas a gruesas, que son más predominantes hacia el techo de la unidad.

2.3.1.1.2 Descripción litológica

Los mejores afloramientos de la Formación Tibú-Mercedes se encuentran al norte de la plancha 98, en el sector de la Finca El Líbano y en cercanías a la Hacienda Teherán (cuadrículas A: 4-5) donde está conformada por calizas grises oscuras, fosilíferas, en capas gruesas y areniscas amarillentas de grano fino, cuarzosas, en capas delgadas, con intercalaciones de shales oscuros, hacia el tope son más comunes las capas gruesas de caliza gris fosilífera. No se observa en esta área el contacto inferior de la formación, el contacto superior es concordante con la Formación Aguardiente.

También aflora en la Vereda la Chuspa (cuadrícula C: 7), donde se observan calizas oolíticas en capas gruesas y en la Quebrada la Colonia (Cuadrícula G: 8). En estas áreas se compone de calizas lumaquéticas gris oscuras y areniscas calcáreas de grano fino a medio en capas gruesas a muy gruesas hacia el tope.

El levantamiento de esta unidad se realizó sobre el camino que de la localidad de El Diamante conduce a la Vereda La Colonia (Figura 15). La exposición no es continua y tiene varios segmentos cubiertos de poco espesor. Se lograron medir 397.62 m, con las siguientes coordenadas en la poligonal:

Punto Inicial	Punto Final
E: 1152270	E: 1155943
N: 155943	N: 1327385

En esta localidad se observa cubierto el contacto inferior con neises de grano medio a grueso, con láminas de cuarzo y láminas micáceas oscuras del Neis de Bucaramanga, cuyo bandeamiento está bien desarrollado. El contacto superior se observa cubierto contra las arenitas cuarzosas de la Formación Aguardiente.

En general la unidad está conformada por intercalaciones de paquetes muy gruesos de arenitas, arenitas y arenitas lodosas tabulares, algunas laminadas, junto con calizas (mudstone-wackestone-packestone) en capas delgadas a gruesas generalmente laminadas y limolitas con cemento calcáreo en capas gruesas con laminación plana paralela continua, predominando en general las dos últimas litologías. La Formación se divide en 6 segmentos los cuales son descritos a continuación:

Segmento 1 (4.4 m) Conformado por capas medias a muy gruesas, tabulares, masivas, de arenitas silíceas de grano medio muy bien seleccionadas y subredondeadas de color gris. (Figura 14).



Figura 14. Formación Tibú – Mercedes. Segmento 1. (2.2 m). Capas medias de arenitas silíceas de grano medio, tabulares, masivas, bien seleccionadas.

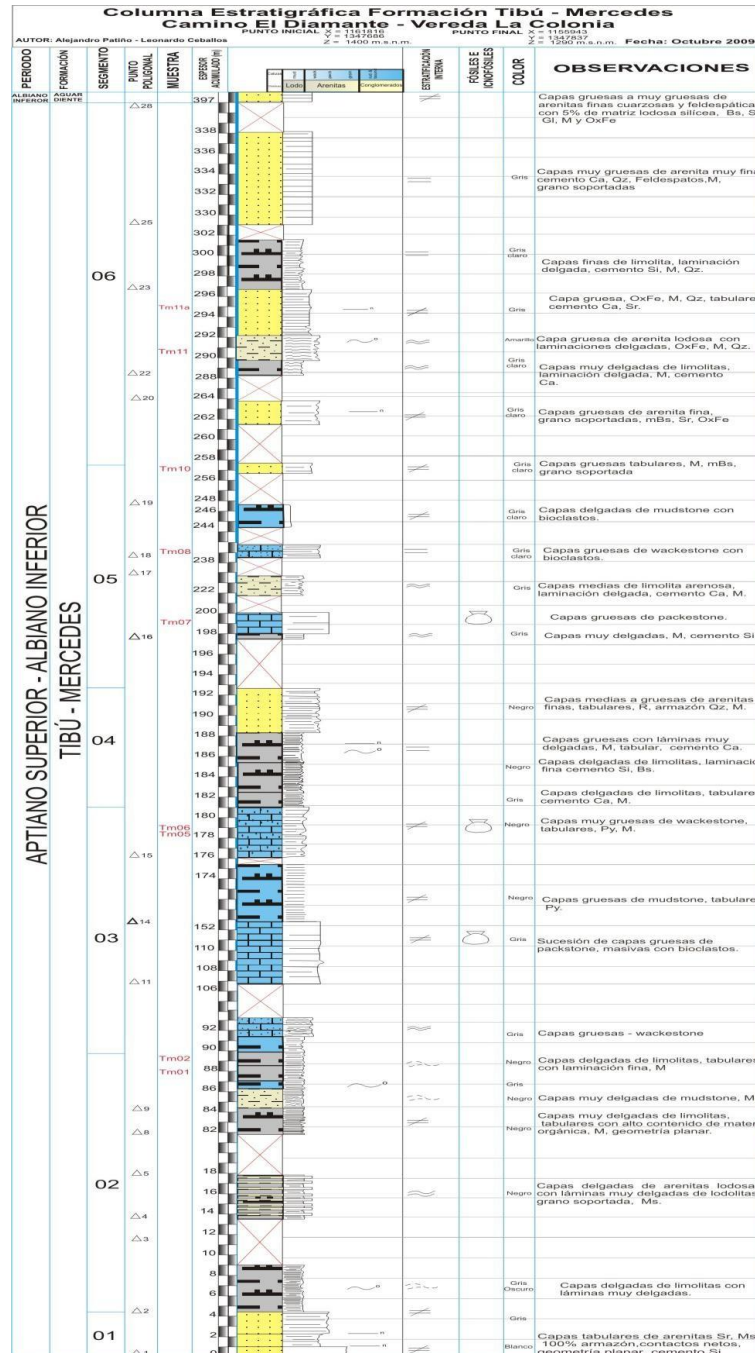


Figura 15. Columna estratigráfica de la Formación Tibú-Mercedes levantada sobre el camino El Diamante – Vereda La Colonia.

Segmento 2 (85.1 m) Compuesto en general por capas delgadas de limolitas grises, con selección buena a moderada, con laminación media ondulada no paralela continua a discontinua, con contenido medio de materia orgánica y con minerales accesorios como moscovita. Se observan ocasionalmente capas delgadas de arenitas lodosas muy finas.

Segmento 3 (91.54 m) Conformado por paquetes gruesos tabulares y masivos de rocas calcáreas (wackestone-packstone), tamaño limo, de color gris a negro, con contactos netos entre las capas y bioclastos de bivalvos diseminados. Se observa pirita y moscovita como minerales accesorios así como algunas intercalaciones de capas delgadas de lodolitas calcáreas (mudstone) fuertemente bioturbadas (Figura 16).



Figura 16. Formación Tibú – Mercedes. Segmento 3. (91.42 m). Capas gruesas, tabulares de lodolitas calcáreas (mudstone-wackestone).

Segmento 4 (11.7 m) Se observa compuesto por 7.2 m de capas delgadas y tabulares de limolitas silíceas y calcáreas con laminación plano paralela continua muy delgada, seguido de un paquete de 4.5 m de capas medias a gruesas, tabulares y masivas de arenitas finas silíceas con regular selección. (Figura 17).



Figura 17. Formación Tibú – Mercedes. Segmento 4. (185.04 m). Paquete de 2.5 m de capas delgadas de limolitas silíceas con laminación plano paralela continua delgada.

Segmento 5 (64.05 m) Segmento predominantemente calcáreo conformado por capas gruesas en la base a delgadas en el techo de arenita calcárea media que disminuye a muy fina (packestone-wackestone-mudstone), tabulares, masivas, de color gris claro. En la base del segmento se observan fragmentos de bivalvos e intercalaciones de lodolitas calcáreas (mudstone) en capas delgadas con laminación plana a ondulada continua. (Figura 18).



Figura 18. Formación Tibú – Mercedes. Segmento 5. (239.86 m). Capas gruesas de arenitas calcáreas de grano fino (wackestone), tabulares, masivas con contactos netos a ondulados entre capas.



Figura 19. Formación Tibú – Mercedes. Segmento 6. (260.46 m). Capas medias a gruesas y tabulares de arenita muy fina con cemento calcáreo con contactos netos a ondulados.

Segmento 6 (140.83 m) El último segmento de la unidad está conformado en general por capas tabulares gruesas de arenitas muy finas a finas con cemento calcáreo y laminación ondulada paralela continua de color gris claro. Presenta intercalaciones ocasionales de lodolitas síliceas en capas finas con laminación plana paralela continua delgada. (Figura 19)

2.3.1.1.3 Espesor, posición estratigráfica y edad

El espesor de la Formación Tibú es de 107-166 m y de 149–201 m para la Formación Mercedes en la localidad tipo (Ward et al, 1973). Un total de 428 m fueron levantados en la sección de la Quebrada La Colonia, donde descansa discordantemente sobre el Gneis de Bucaramanga y hacia el techo es concordante con la Formación Aguardiente.

De acuerdo a las faunas de lamelibranquios, gasterópodos, equinoideos y amonitas Notestein et al. (1944) en el área de la Concesión Barco y Fabre (1981a) en el área del Cocuy coinciden en que la edad de la Formación Tibú-Mercedes es Aptiano superior-Albiano inferior. Esta unidad se puede correlacionar con las formaciones Rosa Blanca y Paja en el Valle Medio del Magdalena y con la Formación Apón de Venezuela García et al (1980) (en Royero, 2001). Esta formación es la roca productora en el Campo Tibú (Alfonso & Mondragón, 2001).

2.3.1.1.4 Ambiente de depósito

Según Fabre (1981a) los sedimentos de esta unidad se depositaron en un ambiente marino de aguas tranquilas por la presencia de equinoideos y amonitas.

2.3.2 Formación Aguardiente (K1a)

2.3.2.2.1. Nombre y sección tipo

Notestein et al. (1944) consideraron la Formación Aguardiente como el miembro superior de la Formación Uribante en el área de la Concesión Barco, posteriormente Sutton (1946), la eleva al rango de Formación Aguardiente. Su localidad tipo se encuentra en el cerro denominado Filo del Aguardiente, Norte de Santander (Richards, 1968). Según Ward et al (1973) en el área tipo está conformada por areniscas glauconíticas y calcáreas, de grano grueso, color gris o verde claro, extremadamente duras y estratificación cruzada. Se encuentran capas delgadas de shale negro carbonáceos y micáceos.

2.3.2.2.2. Descripción litológica

Esta unidad aflora al oriente de la Falla de las Mercedes, (cuadriculas A-5), consta de areniscas cuarzosas de grano fino a grueso, con algunos niveles conglomeráticos, glauconíticos, de color gris a gris verdoso, amarillenta y blanca, micácea, dura, con estratificación cruzada y algunas intercalaciones de laminas de lodolitas grises a oscuras, micáceas.

En la plancha 98, vereda La Chuspa (cuadriculas C:7), se observa una de las mejores exposiciones de esta unidad; hacia la base se encuentran lodolitas silíceas color gris claro en capas medias intercaladas con capas gruesas de arenisca cuarzosa de grano fino blanca, hacia el tope predominan las areniscas cuarzosas de grano fino a medio (Figura 20). En la Plancha 99 (Cuadrículas H-3, D-7), la Formación Aguardiente se encuentra haciendo parte de una estructura sinclinal. (Figura 20).



Figura 20. Afloramiento de la Formación Aguardiente en la vía La Don Juana - Durania.

Sobre la vía Arboledas – Cucutilla se observa una sección con buena exposición, con las siguientes coordenadas en la poligonal:

Punto Inicial	Punto Final
E: 1142853	E: 1430070
N: 1334098	N: 1334919

En esta localidad el contacto inferior con la Formación Tibú-Mercedes se observa neto y concordante, mientras el contacto superior se reconoce cubierto con la Formación Capacho. Se midieron 478.68 m en esta localidad; en general la unidad está conformada por capas gruesas a muy gruesas de areniscas cuarzosas, ligeramente feldespáticas, de grano medio a grueso, tabulares, masivas, bien seleccionadas, limpias; hacia la parte media de la unidad las areniscas presentan mayor contenido de feldespato, siendo además mas lodosas y laminadas. En la parte superior de la unidad se observa una secuencia de lodolitas silíceas ligeramente arcósicas en capas muy gruesas, finalizando con capas gruesas a muy gruesas de areniscas cuarzosas con laminación lenticular muy gruesa (Figura 23).

El contacto inferior con la Formación Tibú-Mercedes se observa neto y concordante presentando capas gruesas, tabulares y masivas de calizas lumaquéllicas (packstone) grises a negras de esta unidad, debajo de las primeras capas gruesas de areniscas cuarzosas de color blanco amarillento de la Formación Aguardiente. El contacto superior se observa cubierto contra secuencias espesas de shales oscuros, micáceos, con algunos niveles de calizas arenosas de la Formación Capacho.

La sección estratigráfica de la Formación Aguardiente se dividió en 6 segmentos los cuales se describen a continuación:

Segmento 1 (166.03 m) Capas gruesas a muy gruesas de areniscas cuarzosas y feldespáticas, tamaño arena fina con 5% de matriz lodosa, tabulares y masivas, muy bien seleccionadas y granos subredondeados de color amarillo y blanco. Presentan glauconita, moscovita y óxidos de hierro como minerales accesorios. Se observan muy esporádicas intercalaciones de limolitas silíceas con laminación ondulosa paralela continua. Hacia el techo del segmento se observan areniscas finas con laminación plano paralela fina y laminación plana paralela discontinua. El segmento termina con capas muy gruesas de areniscas cuarzosas de grano grueso tabulares con 20% de lodo. (Figura 21).

Segmento 2 (56. 60 m) Está conformado por capas medias a gruesas de areniscas cuarzosas de grano fino a medio, ligeramente feldespáticas en promedio con 20 a 30 % de lodo, tabulares y mostrando como característica

distintiva laminación ondulada paralela continua delgada. La selección está bien expuesta en la parte inferior del segmento, pero moderada a mala hacia el tope del segmento, de igual forma aumenta el contenido del feldespato en la parte media y superior del mismo. Se observan moscovita y óxidos de hierro como minerales accesorios. (Figura 22).



Figura 21. Formación Aguardiente. Vía Arboledas - Cucutilla. Segmento 1 (56.1 m). Capas gruesas a muy gruesas, tabulares y limpias (5% lodo), masivas de color amarillo claro.



Figura 22. Formación Aguardiente. Vía Arboledas -Cucutilla. Segmento 2 (176.73 m). Capas medias de areniscas cuarzosas, tabulares con laminación ondulada paralela continua media.

Segmento 3 (37.7 m) Este empieza con una secuencia granocreciente de 16 m de areniscas cuarzosas en capas muy gruesas de grano fino a grueso, tabulares, blancas, siendo más lodosas en la base y más cuarzosas al final de la secuencia. La selección es muy mala en la parte superior de la misma. El resto del segmento lo conforma una secuencia monótona de capas gruesas a muy gruesas de areniscas cuarzosas y arcósicas, tamaño arena media, tabulares, masivas y limpias (<5% lodo). El segmento termina con un paquete de 3.3 m de areniscas gruesas más lodosas, tabulares, masivas y bien seleccionadas. (Figura 24)



Figura 24. Formación Aguardiente. Vía Arboledas -Cucutilla Segmento 3 (253.2 m). Capas muy gruesas de areniscas cuarzosas de grano medio, tabulares, limpias.

Segmento 4 (48.7 m) Hacia la base del segmento se observa un paquete de 10 m de lodolitas silíceas de color gris con laminación ondulosa paralela continua, seguido de una capa de 5 m conformada por capas muy gruesas de areniscas de grano grueso, tabulares. El resto del segmento está conformado por secuencias de capas medias de areniscas finas lodosas con laminación plano paralela continua y limolitas silíceas con alto contenido de materia orgánica; esta secuencia se intercala con capas gruesas de areniscas finas lodosas, tabulares, con laminación plano paralela continua de color blanco. (Figura 25).



Figura 25. Formación Aguardiente. Vía Arboledas –Cucutilla. Segmento 4 (323.93 m). Capas muy gruesas de areniscas cuarzosas de grano muy fino, tabulares, limpias, intercaladas con capas finas de limolitas silíceas.

Segmento 5 (21.5 m) Secuencia monótona de capas delgadas de limolitas silíceas con laminación ondulosa discontinua fina, de color negro. Se observa alta cantidad de materia orgánica.

Segmento 6 (133.25 m) Conformado por capas medias a muy gruesas de areniscas cuarzosas, con laminación curvada no paralela discontinua muy gruesa con selección moderada (Figura 26). Hacia el techo se observa un paquete de lodolitas silíceas en capas delgadas con materia orgánica. El contacto con la suprayacente Formación Capacho es cubierto y se determina por las relaciones observadas en campo.



Figura 26. Formación Aguardiente. Vía Arboledas – Cucutilla. Segmento 6 (350 m). Capas delgadas a medias de areniscas cuarzosas de grano grueso, lodosas, tabulares, con contactos netos a ligeramente ondulados.

2.3.2.2.3 Espesor, posición estratigráfica y edad

En la sección tipo el espesor es de 200 m (Ward et al, 1973); según INGEOMINAS (1967) en el cuadrángulo G-13 Cúcuta el espesor de esta formación varía entre 218 y 435 m. En la plancha 98 carretera principal Arboledas - Cucutilla (cuadrícula F-5), se expone parcialmente la formación donde se midió un espesor total de 410 m.

En general la Formación Aguardiente reposa concordantemente sobre la Formación Tibú-Mercedes. El contacto superior es concordante con la Formación Capacho. La edad de la Formación Aguardiente con base en fauna y de acuerdo con su posición estratigráfica es determinada en Albiano inferior y medio (Richards, 1968; Ward et al., 1973). Esta formación se puede correlacionar con la parte inferior de la Formación Simití del Valle Medio del Magdalena y con la Formación Une del área de la Sabana de Bogotá (Royero, 2001).

2.3.2.2.4 Ambiente de depósito

Según García et al. (1980), la Formación Aguardiente se depositó en un ambiente litoral de playas y lagunas. Para Fabre (1985) se relaciona más con un frente deltaico.

2.3.3 Formación Capacho (K1c)

2.3.3.1 Nombre y sección tipo

Sievers en 1888 designa como Formación Capacho a unas calizas que afloran en el pueblo Capacho Viejo (Municipio de Libertad) en Táchira occidental, Venezuela (en Julivert et al., 1968). Posteriormente fue redefinida por Sutton (1946) y Rod & Maync (1954). En Colombia, el término se utilizó en la Concesión Barco, Norte de Santander (Richards, 1968) y en Santander (Ward et al., 1973; Vargas et al., (1976).

Alfonso & Mondragón (2001) señalan que Notestein et al, (1944), designaron erróneamente este mismo intervalo como Formación Cogollo, correlacionándolo de manera incorrecta con la formación del mismo nombre presente en el Occidente de Venezuela. Así mismo esta denominación permaneció hasta que Renz (1959), señaló correctamente que la Formación Capacho del Táchira y del área de la Concesión Barco es equivalente en tiempo y correlacionable lateralmente con la parte inferior de la Formación La Luna presente en Perijá y no con la Formación Cogollo de Venezuela Richards (1968). El término Cogollo es ahora utilizado en Venezuela con el rango de Grupo e incluye la sección comprendida entre la Formación Río Negro y la Formación La Luna (Richards, 1968; Bartok *et al.* 1981; Villamil y Pindell, 1998, en Alfonso & Mondragón, 2001).

En general esta formación está compuesta de base a techo por shale negro en capas delgadas muy calcáreo y por calizas, shale gris oscuro no calcáreo con pocas intercalaciones de limolita y caliza gris arcillosa fosilífera y hacia el tope calizas masivas intercaladas con shale oscuro no calcáreo. (Ward et al 1973). En el área de la cercana Plancha 111-Toledo (Royero, 2001), la parte inferior de la Formación Capacho corresponde a un conjunto de lodolitas negras, laminadas, con nódulos calcáreos, escasas intercalaciones de areniscas calcáreas y calizas grises a negras, fosilíferas, en capas delgadas. La parte intermedia de la secuencia está constituida por una alternancia de calizas micríticas y fosilíferas, de color gris a negro, en capas medianas a gruesas y la parte superior se compone principalmente de lodolitas grises, con delgadas intercalaciones de areniscas grises, amarillentas y blancas, grano fino, levemente calcáreas, en

capas medianas, con esporádicas capas de areniscas grises, calcáreas y fosilíferas.

2.3.3.2 Descripción litológica

En la zona de estudio la Formación Capacho se encuentra compuesta en la base por láminas de shales oscuros, micáceos, con algunos niveles de caliza arenosa, intercaladas con areniscas cuarzosas, de grano fino y calizas fosilíferas, en capas delgadas; la parte media se compone de areniscas cuarzosas, de grano fino, de color gris, micáceas y calizas grises, con intercalaciones de lodolitas grises, micáceas; hacia el techo se observan calizas grises, lumaquéticas, en capas medianas y gruesas, con intercalaciones de laminas de lodolitas calcáreas, grises y areniscas de grano fino, amarillentas y grises, en capas medias.

2.3.3.3 Espesor, posición estratigráfica y edad

En el área de estudio no existen secciones bien expuestas de esta unidad. El espesor de la formación varía entre 250 a 400 m. aproximadamente. Según Royero & Clavijo (2001), en el área de Santander el espesor de esta unidad varía entre 350 y 450 m. En el área de la Concesión Barco presenta un espesor de 600 m. Alfonso & Mondragón (2001) señalan que en el área de Sardinata el espesor de la unidad está entre 326 y 349 m.

La Formación Capacho suprayace en forma concordante a la Formación Aguardiente e infrayace también en contacto concordante a la Formación La Luna. No obstante, de acuerdo a los trabajos de la Robertson Research, (1985) e ICP (1998) su contacto superior es discordante. En las estribaciones del Río Zulia se encuentra en contacto fallado con la Formación Colón – Mito Juan.

Con base en fauna (pelecípodos y amonitas) colectada en Venezuela (Renz, 1959, 1977) y en Colombia (lamelibranchios, amonitas y foraminíferos) (Fabre, 1981) se le asigna a esta formación una edad Albiano superior - Turoniano. La Formación Capacho se correlaciona con la Formación Simití del Valle Medio del Magdalena y con la Formación Chipaque de la Sabana de Bogotá.

2.3.3.4 Ambiente de depósito

De acuerdo con Royero & Clavijo (2001) los sedimentos de esta unidad se depositaron en un ambiente marino de aguas tranquilas, evidenciado por la presencia de glauconita y pellets fosfatizados.

2.3.4 Formación La Luna (K2I)

2.3.4.1 Nombre y sección tipo

Garner (1926) (en Julivert et al, 1968) denominó Formación La Luna a una sucesión de calizas y lodolitas calcáreas, negras, fosilíferas con concreciones de calizas, aflorantes en la Quebrada La Luna al NW de Perijá, Zulia (Venezuela); su descripción fue ampliada y establecida formalmente por Hedberg and Sass (1937) (en Julivert et al, 1968); la adopción de este término traído desde Venezuela fue decidida para subrayar la notable extensión regional de la unidad (Morales et al., 1958: 653).

Posteriormente Notestein, et al. (1944) y Richards (1968) introducen el término en Colombia en las estribaciones orientales de la Serranía de Perijá, donde se compone de calizas carbonáceas y bituminosas, gris oscuras a negra, arenisca calcárea gris oscura de grano fino y lodolitas calcáreas, negras, fosilíferas con concreciones de caliza. Hacia el tope de la Formación predomina chert y hacia la base calizas y shale con concreciones. Este nombre también ha sido utilizado en la nomenclatura estratigráfica del Valle Medio del Magdalena donde la Formación La Luna se subdivide en tres miembros: el inferior Salada, el intermedio Pujamana y el superior Galembo.

2.3.4.2 Descripción litológica

Esta unidad está ampliamente distribuida en las planchas 98 y 99, uno de los mejores afloramientos se observan en los sectores de Carrizal y La Laguna (Cuadriculas A: 5- 6), donde se encuentran calizas grises a oscuras, en capas delgadas, fosilíferas, intercaladas con lodolitas grises, calcáreas con grandes concreciones elipsoidales y discoidales hasta de 1 m. de diámetro donde se observan amonitas. En la parte superior se observan capas planoparalelas de chert, de color oscuro, liditas silíceas (porcelanitas) y capas fosfáticas de color oscuro, fosilíferas, donde abundan restos de peces (escamas).

En la Quebrada Pie Tabla (cuadrícula A-6) (Figura 27), aflora la base de la Formación Luna donde se encuentra una secuencia de arcillolitas, limolitas y calizas micriticas de color negro a gris oscuro, piritizadas, en capas delgadas con laminación plano paralela, en esta sección se observan concreciones hasta de un metro.



Figura 27. Formación La Luna. Quebrada Pie. Tabla. Base de la Formación La Luna.

Aunque para esta unidad no se encontraron excelentes exposiciones en el área de estudio, se pudo establecer dos localidades aceptables para el levantamiento de columnas estratigráficas. La primera localidad sobre la vía La Don Juana-Durania y la segunda sobre la vía La Don Juana-Hacienda La Selva en la plancha (cuadrícula C-9).

La primera localidad (vía La Don Juana-Durania) (Figura 30) se ubica sobre una cantera donde se realiza la explotación de calizas como material de recebo, se lograron medir 78.8 m, con las siguientes coordenadas en la poligonal:

Punto Inicial	Punto Final
E: 1161436	E: 1161686
N: 1343978	N: 1344033

En esta localidad tanto el contacto superior como inferior están cubiertos y se infieren por las relaciones de campo y la geomorfología observada. En general la unidad se puede dividir en dos segmentos. El segmento inferior está

conformado por capas finas de “porcelanitas” o cherts con cemento calcáreo y fractura concoidea, tamaño arena muy fina de color negro con laminación plano paralela fina a media, intercaladas con capas finas de arenitas calcáreas de grano muy fino a fino con laminación plana paralela a ondulada fina-media. El segmento superior está conformado por lodolitas calcáreas (mudstone-wackestone) en capas finas, friables, tabulares con concreciones calcáreas de de 30 cm a 1 m de diámetro. Estos dos segmentos se exponen a continuación.

Segmento 1 (34.10 m) Está conformado por una secuencia de capas delgadas de cherts o porcelanitas con cemento calcáreo tamaño arena muy fina a fina, de color negro, tabulares, con laminación plana paralela continua a ondulosa paralela continua muy delgadas a delgadas, fractura concoidea y se observa 10 a 15 % de materia orgánica. Además en esta secuencia se presentan algunas intercalaciones de arenitas calcáreas de grano fino (wackestone) en capas delgadas de 5 a 10 cm de color negro con laminación plana a ondulosa continua. (Figura 28).



Figura 28. Formación La Luna. Cantera vía La Don Juana-Durania. Segmento 1. (9.1 m). Capas delgadas de cherts con cemento calcáreo “porcelanitas”, tabulares, con laminación plana paralela continua.

Segmento 2 (44.70 m) Presenta algunos intervalos cubiertos; está conformado en la base por capas gruesas de lodolitas calcáreas (mudstone-wackestone), tabulares, masivas a laminación plano paralela continua, de color gris a marrón, con láminas delgadas de arenita muy fina e intraclastos de materia orgánica. La parte superior del segmento está conformada por un paquete monótono de lodolitas calcáreas (algunos paquetes de arenitas muy finas) (mudstone-wackestone) en capas finas ligeramente arenosas, tabulares, masivas a friables, con concreciones calcáreas de 15 cm a 1.5 m de diámetro, de color gris a negro. (Figuras 29 y 31).



Figura 29. Formación La Luna. Cantera vía La Don Juana - Durania. Segmento 2. (66.6 m). Capas finas de lodolitas a arenitas muy finas calcáreas, tabulares, con ligero plegamiento.

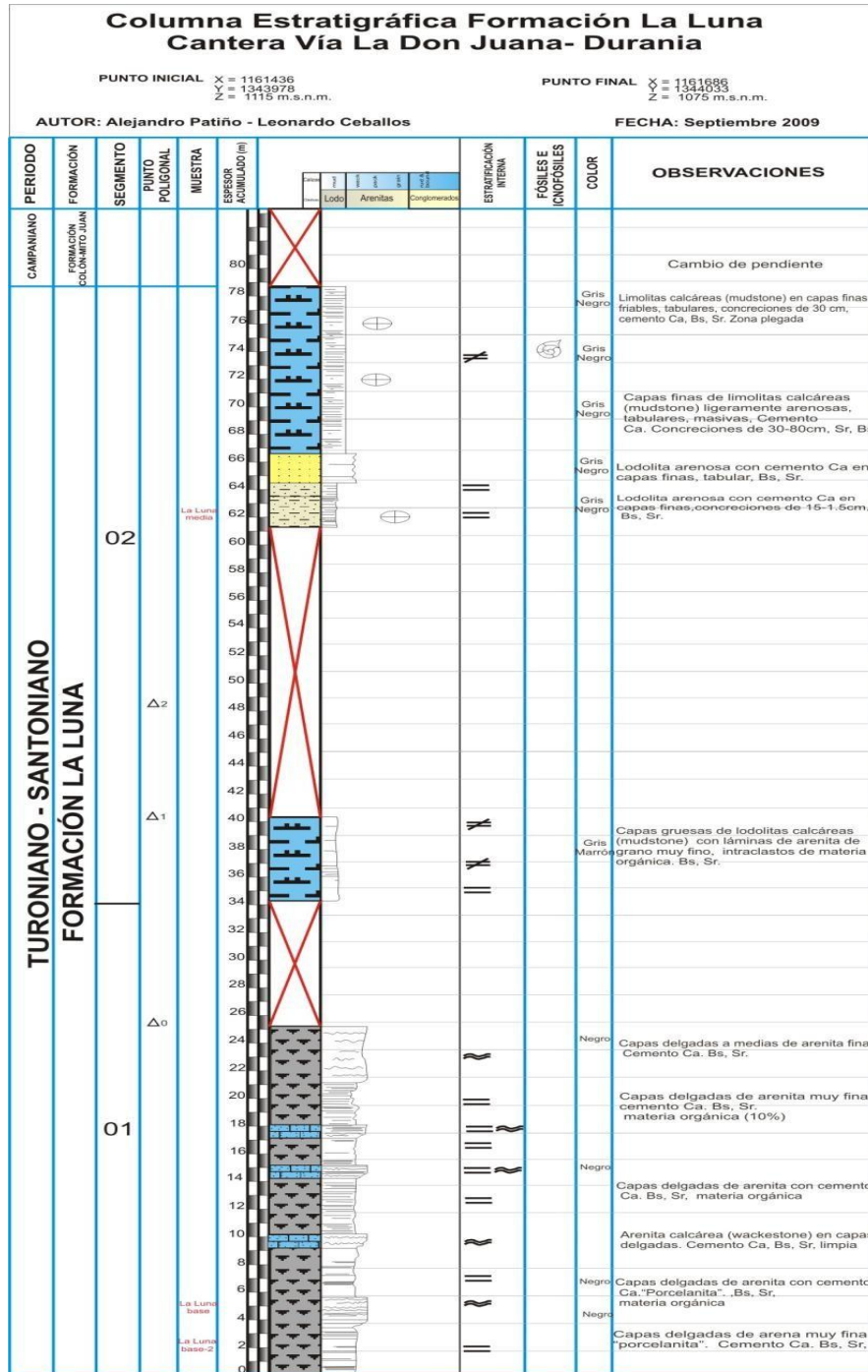


Figura 30. Columna estratigráfica de la Formación La Luna en la cantera ubicada entre La Don Juana y Durania.



Figura 31. Formación La Luna. Cantera vía La Don Juana - Durania. Segmento 2. (63.4 m). Capas finas de lodolitas calcáreas arenosas, con laminación plana paralela continua, ligeramente friables con concreciones calcáreas de 30 cm de diámetro.

La segunda localidad se ubica sobre la vía La Don Juana-Hacienda La Selva, donde se logró medir en un flanco de un pliegue 104.96 m de la parte superior de la unidad (Figura 32), con las siguientes coordenadas en la poligonal:

Punto Inicial	Punto Final
E: 1161816	E: 1161987
N: 1347688	N: 1347837

En esta localidad solo se observa la parte superior de la unidad, hasta el contacto neto con lodolitas silíceas friables de la Formación Colón. En esta localidad la Formación La Luna se puede dividir en 3 segmentos. El segmento basal está conformado en general por capas finas a medias de lodolitas calcáreas (mudstone), tabulares a laminación plana paralela media a gruesa, de color negro con concreciones calcáreas de 1.2 m de diámetro. El segmento medio se presenta como intercalaciones de capas finas a medias de cherts con láminas fosfáticas y lodolitas calcáreas (mudstone) con concreciones calcáreas y algunas intercalaciones de capas finas de shales con cemento calcáreo. En el segmento superior predominan capas finas a medias de arenitas calcáreas lodosas (wackestone) de grano fino con concreciones calcáreas de 30 a 50 cm de diámetro. Estos segmentos son descritos a continuación.

parte media del segmento se observan concreciones calcáreas de 30 cm a 1,2 m de diámetro. (Figura 33).

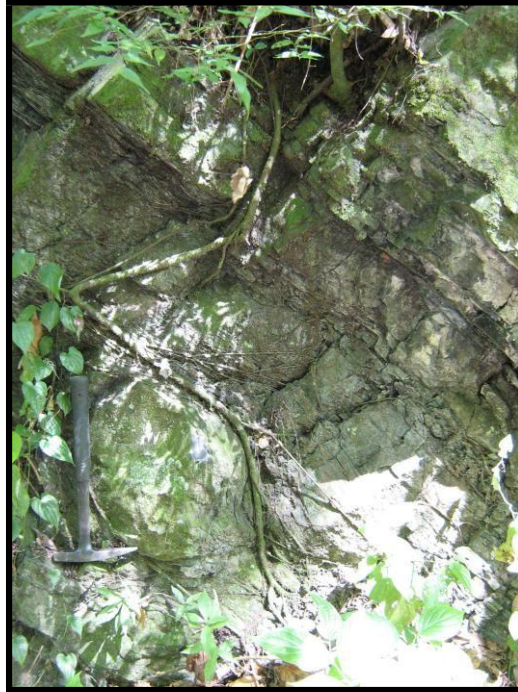


Figura 33. Formación La Luna. Vía La Don Juana-Hacienda La Selva. Segmento 1. Capas finas a medias de lodolitas calcáreas, tabulares, masivas. Se observa una concreción de 30 cm de diámetro en la parte inferior.

Segmento 2 (69.3 m) Intercalaciones de capas finas a medias de cherts negros, tabulares, masivos con niveles de fosforitas de 4 a 10 cm de espesor, junto con lodolitas calcáreas (mudstone-wackestone) de color negro en contactos netos a ligeramente ondulados entre las capas y con laminación plana paralela continua, ocasionalmente ondulosa paralela. Algunos niveles presentan concreciones de 20 a 50 cm de diámetro. En la parte media del segmento se observan algunas capas medias a gruesas de arenitas de grano medio calcáreas con fragmentos fósiles (packstone), tabulares, masivas con intercalaciones de capas finas a medias de shales con cemento calcáreo. (Figuras 34 y 35).



Figura 34. Formación La Luna. Vía La Don Juana-Hacienda La Selva. Segmento 2. (61.7 m). Capas finas a medias de cherts negros moderadamente fracturados intercalado con capas finas a medias de arenita calcárea (wackestone).

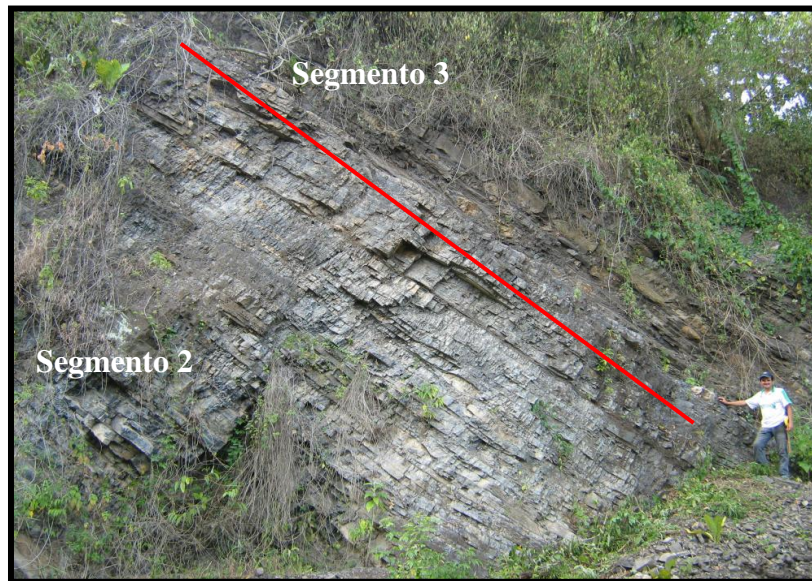


Figura 35. Formación La Luna. Vía La Don Juana-Hacienda La Selva. Tope del segmento 2. (84,3 m). Capas medias de lodolitas silíceas (cherts) de color negro intercaladas con arenitas calcáreas lodosas (wackestone) y concreciones de 30 a 50 cm de diámetro. Encima se observa la base del segmento 3 conformado por capas gruesas, tabulares de arenita calcárea lodosa (wackestone).

Segmento 3 (22.66 m) Está conformado en general por capas medias a gruesas de arañitas calcáreas de grano muy fino (wackestone), tabulares, masivas, se observan lodosas hacia la base y hacia el techo del segmento de colores café a negro. Se presentan abundantes concreciones calcáreas de 30 a 50 cm de diámetro hacia la parte inferior y media del segmento. El contacto con la suprayacente Formación Colón Mito Juan es neto mostrando esta última en la zona de contacto capas medias a gruesas de lodolitas silíceas grises oscuras a negras, micáceas con nódulos ferruginosos paralelos a la estratificación. (Figura 36).



Figura 36. Formación La Luna. Vía La Don Juana-Hacienda La Selva. Segmento 3. (102.71 m). Capas medias a gruesas de arenitas calcáreas de grano muy fino, tabulares, masivas.

2.3.4.3 Espesor, posición estratigráfica y edad

En el área de estudio el espesor varía entre 100 y 300 m aproximadamente. Según Ward et al (1973) esta unidad muestra grandes variaciones de espesor, desde 300 m en la sección tipo, que adelgaza a 43 – 56 m en el área de Tibú y a 243 m en Pamplona. La Formación La Luna reposa concordantemente sobre la Formación Capacho e infrayace en contacto normal a la Formación Colón-Mito

Juan. Aunque en algunas zonas se presenta en contacto fallado con las formaciones Girón y Aguardiente.

La edad de la formación según Sutton (1946) en Ward, 1973, y Renz, (1959, 1977) es del Turoniano y Coniaciano inferior, la cual fue determinada con base en amonitas y foraminíferos estudiados en Venezuela Occidental. Varios autores basados en estudios paleontológicos, la consideran de edad del Turoniano al Santoniano (e.g: Morales et al., 1956). Esta unidad se correlaciona con la Formación La Luna de Venezuela y del Valle Medio del Magdalena.

2.3.4.4 Ambiente de depósito

De acuerdo con Royero & Clavijo (2001) estos sedimentos se depositaron en un ambiente marino de aguas someras cercanas al borde externo de la plataforma, evidenciado por la presencia de restos de peces, pellets y apatito.

2.3.5 Formación Colón – Mito Juan (K2cmj)

2.3.5.1 Nombre y sección tipo

Estas unidades fueron definidas separadamente por Garner (1926) y Liddle (1928) (en Julivert, et al., 1968) y posteriormente fueron redefinidas por Notestein, et al. (1944) en la concesión Barco y en el Estado de Táchira, Venezuela. La Formación Colón toma su nombre de la ciudad de Colón y su sección tipo se ubica en el Distrito de Ayacucho al norte esta población (Ward et al, 1973). La Formación Mito Juan toma el nombre de la quebrada Mito Juan, sobre el flanco oriental del Domo Norte de Petróleo de la Concesión Barco (cuadrángulo F-13) (Notestein et al, 1944).

En su sección tipo la Formación Colón consiste casi totalmente de shale gris oscuro a negro, duro, localmente pirítico, concoide e irregularmente fracturado (Sutton, 1946) (en Ward et al, 1973). En el área de la Concesión Barco, la formación consta de shale gris a gris oscuro, ligeramente calcáreo, físil, foraminífero, con nódulos y lentes delgados de arcilla “ironstone” marrón (Notestein et al, 1944).

La Formación Mito Juan en el área de la Concesión Barco consiste de shales gris verdosos, shales limosos a arenosos que aumentan hacia arriba a limolita y arenisca de grano muy fino cerca del tope (Notestein et al, 1944).

De acuerdo con Royero & Clavijo (2001) “...en Colombia generalmente se ha cartografiado como una sola unidad las rocas comprendidas entre las formaciones

La Luna y Barco (Ward et al., 1973 ; Vargas et al., 1976; Mejía et al., 1980; Fabre, 1981a; Salinas & Daconte, 1982, entre otros), intervalo que corresponde a las formaciones Colón, Mito Juan y Catatumbo”. Esta última unidad que suprayace a la Formación Mito Juan en el área de la Concesión Barco consta predominantemente de shales gris oscuros y arcillolitas comúnmente algo carbonosas que contienen pequeños nódulos y delgados lentes de arcilla “ironstone” marrón (Notestein et al, 1944). Según Ward et al, (1973) para el área de Santander, la Formación Catatumbo no es una unidad distinta entre la subyacente Mito Juan y la superyacente Formación Barco, por lo que se le considera un miembro de la primera.

2.3.5.2 Descripción litológica

Tomando en consideración los trabajos mencionados anteriormente, en este informe estas unidades han sido agrupadas como Formación Colón-Mito Juan, debido a sus semejanzas litológicas y a que el contacto entre ellas no es fácil de precisar. Con respecto a la Formación Catatumbo la cual suprayace a la Formación Mito Juan, no es posible determinar o establecer en campo este contacto, por lo tanto se le considera la parte más superior de la Formación Colón-Mito Juan.

En el área cartografiada, esta unidad no presenta buenos afloramientos. Litológicamente, está constituida por capas medias a gruesas de lodolitas grises oscuras a negras, en algunos niveles calcáreas, micáceas, fosilíferas, piritosas, con laminación plano paralela, presenta nódulos ferruginosos paralelos a la estratificación, y esporádicas capas delgadas de calizas grises a oscuras, lumaquéllicas; en la parte superior se observan capas de lodolitas grises a oscuras intercaladas con areniscas de grano fino, grises, con algunos lentes de carbón y restos de plantas.

2.3.5.3 Espesor, posición estratigráfica y edad

En el área de estudio los espesores varían entre 350 a 750 m. La Formación Colón en su localidad tipo tiene 900 m de espesor. En la Concesión Barco varía de 215 a 460 m Notestein et al, (1944) (en Ward et al, 1973). La Formación Mito Juan tiene en su localidad tipo 275 a 420 m de espesor y en el área del Catatumbo 106 a 208 m de espesor (Ward et al, 1973). Según INGEOMINAS (1967) en el informe del cuadrángulo G-13 – Cúcuta el espesor promedio de esta unidad es 455 m.

La Formación Colón-Mito Juan reposa concordantemente sobre la Formación La Luna, el contacto superior con la Formación Barco también es concordante.

Su edad ha sido estimada en Campaniano a Maastrichtiano por Notestein et al. (1944), con base en fauna fósil recolectada en el área de la Concesión Barco. La Formación Catatumbo es considerada del Maestrichtiano superior y posiblemente de edad del Paleoceno inferior (Royero, 2001). La Formación Colón-Mito Juan se correlaciona con la Formación Guaduas del área de la Sabana de Bogotá. En el Valle Medio del Magdalena se correlaciona con la Formación Umir.

2.3.5.4 Ambiente de depósito

De acuerdo con Royero (2001) esta unidad se depositó en un ambiente marino que varía de nerítico (chert, foraminíferos bentónicos) a sublitoral (lamelibranquios). En la parte inferior de la secuencia; en la parte intermedia y superior baja, el ambiente de depositación es descrito como litoral (restos de plantas, de lamelibranquios, lentes y fragmentos de carbón), mientras en la parte superior alta que contiene los carbones y que correspondería a la Formación Catatumbo, el autor lo relaciona con un ambiente deltaico (transicional) con una marcada influencia continental.

2.4 UNIDADES DEL CENOZOICO

2.4.1 Formación Barco (E1 B)

2.4.1.1 Nombre y sección tipo

El término Formación Barco fue definido y publicado originalmente por Notestein et al. (1944), cuyo nombre procede de la sección tipo localizada en el flanco este del anticlinal Petrólea en la sierra Barco, Norte de Santander. Esta formación, en su sección tipo, se compone principalmente de areniscas, limolitas y arcillolitas intercaladas entre sí; las areniscas generalmente son de color gris, de grano muy fino a medio, bien calibradas, con estratificación cruzada, en su mayoría son arcillosas y localmente contienen capas muy delgadas de mica y carbón. Las limolitas y arcillolitas habitualmente son de color gris en ocasiones micáceas y carbonáceas, localmente muestran esferulitas de siderita, es frecuente la presencia de arcillas ferruginosas las cuales forman pequeños nódulos y masas lenticulares (De Porta, 1974).

2.4.1.2 Descripción litológica

En el área de estudio aflora en el cuadrángulo A-6, en la vía La Selva cuadrángulo B-9 y al oeste de la Falla de Gramalote. Esta formación se compone de areniscas cuarzosas de color blanco, bien seleccionadas, micáceas, grises, amarillentas a

blancas, de grano fino a medio, en capas tabulares de hasta 2 m de espesor, con estratificación cruzada, intercaladas con capas delgadas de lodolitas grises claras a oscuras, micáceas con estratificación plano paralela; hacia el tope el espesor de las areniscas disminuye y el tamaño de grano se hace más fino, mientras las capas de lodolitas aumentan en espesor. También se observa hacia el techo en algunos sectores lentes de carbón.

2.4.1.3 Espesor, posición estratigráfica y edad

En el área de estudio el espesor varía entre 100 y 250 m. En la sección tipo el espesor es de 215 m. Las estimaciones de espesor en la Concesión Barco varían de 150 a 278 m, (Notestein et al, 1944). Así mismo en los pozos de esta área el espesor de la unidad está entre 76 y 198 m (Ward et al, 1973).

La Formación Barco yace concordantemente sobre la Formación Colón - Mito Juan, definiéndose el contacto en la transición entre las lutitas oscuras y las primeras areniscas de color claro de la Formación Barco. El contacto superior también ha sido descrito como concordante y se determina por la primera ocurrencia de la arenisca que se halla en la parte inferior de la Formación Los cuervos. Sin embargo para Getty (1982) y Bioestratigráfica (1998) (en Alfonso & Mondragón, 2001) es de tipo gradacional.

Notestein et al, (1944), asignaron la edad de la formación a Eoceno inferior. Van Der Hammen (1958) afirma que palinológicamente se logró establecer la edad de la Formación Barco como Paleoceno inferior. Esta formación se correlaciona en parte con la Formación Lisama del Valle Medio del Magdalena y con las formaciones Socha inferior del área de Sogamoso y con la Arenisca del Cacho en la Sabana de Bogotá.

2.4.1.4 Ambiente de depósito

Según Royero (2001) el ambiente de depositación varía de fluvial a deltaico subcontinental.

2.4.2 Formación Los Cuervos (E1lc)

2.4.2.1 Nombre y sección tipo

Esta unidad fue definida por Notestein et al, (1944), para denominar una alternancia de arcillolitas y lodolitas con capas de areniscas y de carbón. En la Concesión Barco, la sección tipo se encuentra ubicada en la Quebrada Los Cuervos afluente del Río Catatumbo, arriba de Puerto Barco, Norte de Santander.

En general la unidad está compuesta en la parte inferior por arcillas pizarrosas y arcillolitas carbonáceas, las cuales se encuentran intercaladas con areniscas de grano fino y mantos de carbón. Hacia la parte superior está compuesta por arcillolitas grises y grises verdosas parcialmente limolíticas y con esferulitas de siderita; las arcillas más superiores se caracterizan por ser de color rojo, amarillo y púrpura. Los mantos de carbón presentan espesores entre 0.10 y 2.50 m de espesor (Royero & Clavijo, 2001).

2.4.2.2 Descripción litológica

En el área la formación aflora en el Sinclinal de Buenavista al oriente de la Falla de las Mercedes (cuadrícula C-5) donde se observan lodolitas grises, micáceas, con algunos niveles de shales carbonosos, con intercalaciones delgadas de areniscas de grano fino, lodosas, de color gris. La parte media presenta areniscas de grano fino, grises a amarillentas, intercaladas con lodolitas grises a oscuras y shales carbonosos, las capas de carbón se encuentran en la parte inferior y media de la formación con espesores que oscilan entre 0,12 m. y 1,55 m (Fernández, et al., 1998). Hacia el tope hay lodolitas grises, con algunos niveles de shales carbonosos con intercalaciones de areniscas de grano fino.

En los alrededores del municipio de Durania, afloran arcillolitas y lodolitas grises, lodolitas grises carbonosas, capas delgadas y medias de arenisca arcillosa de grano fino y capas medias de carbón.

2.4.2.3 Espesor, posición estratigráfica y edad

En el área de estudio se reportan espesores de 200 a 750 m. En el área de la Concesión Barco, el espesor de la formación varía entre 245 y 490 m (Notestein et al., 1944). INGEOMINAS (1967) señala para el cuadrángulo G-13 Cúcuta, un espesor de 300 m para esta formación. La Formación Los Cuervos yace concordantemente sobre la Formación Barco. Hacia tope, el contacto con la Formación Mirador está marcado por la aparición de grandes capas de arenisca, aparentemente es concordante, aunque según Notestein et al, (1944), De Porta, et al, (1974) y Bioestratigráfica (1998) (en Alfonso & Mondragón, 2001), es localmente discordante.

La edad asignada para esta formación es Paleoceno - Eoceno inferior, Van Der Hammen (1958), establecida a partir de datos palinológicos. Se correlaciona con la parte superior de la Formación Lisama y con la parte inferior de la Formación La Paz del Valle Medio del Magdalena (Royero & Clavijo, 2001).

2.4.2.4 Ambiente de depósito

Los sedimentos de esta unidad se depositaron predominantemente en un ambiente transicional (deltaico), evidenciado por la presencia de mantos de carbón (Royero, 2001).

2.4.3 Formación Mirador (E2m)

2.4.3.1 Nombre y sección tipo

Formación descrita y nombrada por Sutton (1946) en el Cerro Mirador del Anticlinal Tarra en el estado de Zulia, Venezuela. Posteriormente Notestein et al. (1944) definen esta unidad en Colombia en su estudio de la Concesión Barco. Esta unidad se compone principalmente de areniscas cuarzosas de color blanco a gris claro de grano fino a medio, ligeramente conglomeráticas, carbonosas con algunos intraclastos lodolíticos. Hacia la parte media- superior se encuentran arcillolitas de color gris, carbonosas, con intercalación de areniscas cuarzosas de grano fino. Hacia la parte superior se compone de areniscas ligeramente conglomeráticas, feldespáticas y ferruginosas.

2.4.3.2 Descripción litológica

En el área de estudio la Formación Mirador se observa en la plancha 98 (cuadrículas C-5, D-5), en los alrededores de Carmen de Tonchalá al nororiente de la plancha y en la Vía Cúcuta - Bucaramanga. Se compone de areniscas cuarzosas, de color gris a blanco, de grano fino a medio, con algunos niveles conglomeráticos (guijos de cuarzo), intercaladas con niveles de lodolitas grises, carbonosas; hacia la parte alta de la formación se presentan areniscas amarillentas a blancas, de grano fino a medio, ligeramente conglomeráticas, las capas son gruesas a medias con estratificación cruzada y ondulitas.

En la Vía Cúcuta - Bucaramanga, se observan areniscas cuarzosas parcialmente feldespáticas, de color blanco, bien seleccionadas, en una sucesión grano creciente, interestratificada con capas de limolita gris y lodolitas, la estratificación es plano paralela y las areniscas se presentan generalmente en capas gruesas buzando hacia el este.

En la plancha 98 "Duranía", se levanto la columna de la formación sobre la vía que del Corregimiento Carmen de Tonchalá conduce a la mina de carbón Montgomery, midiendo un espesor total de 227.57 m con las siguientes coordenadas:

Punto Inicial
E: 833642
N: 1352377

Punto Final
E: 833718
N: 1352794

En esta sección la Formación Mirador se presenta como paquetes medios a muy gruesos de areniscas cuarzosas tabulares masivas de colores blanco a blanco amarillento, deleznales con ocasionales intercalaciones de capas finas de lodolitas silíceas friables; hacia el tope la unidad se vuelve más lodosa, siendo más comunes las areniscas lodosas ligeramente líticas así como intercalaciones de capas finas a medias de lodolitas silíceas friables. (Figura 37).

El contacto inferior con la Formación Los Cuervos se encuentra cubierto, aunque en cercanías a este se observan areniscas cuarzosas en capas gruesas con intraclastos de carbón debajo de lodolitas carbonosas en capas finas a medias ligeramente friables, que conformarían el tope de esta unidad.

El contacto superior se observa concordante y neto entre capas gruesas de areniscas cuarzosas ligeramente ferruginosas de la Formación Mirador en contacto neto con las intercalaciones de capas medias de areniscas cuarzosas y lodolitas-arcillolitas friables con nódulos ferruginosos de la Formación Carbonera.

La sección estratigráfica de la Formación Mirador se dividió en 5 segmentos los cuales se describen a continuación:

Segmento 1 (40.25 m) Está conformado en general por capas medias a gruesas de areniscas cuarzosas de grano fino a medio, tabulares, masivas, limpias, deleznales, de color crema a amarillo claro, con 2 a 4% de feldespatos y 3 a 5% de líticos; hacia la base se observan ocasionales intercalaciones de capas finas de lodolitas silíceas friables. Hacia el tope del segmento se observa que las areniscas tienen mayor porcentaje de lodo (10 a 15%). (Figura 37).



Figura 37. Formación Mirador. Vía a la mina de carbón Montgomery. Segmento 1. (22.7 m). Capas gruesas de areniscas cuarzosas, tabulares, masivas, de grano medio, color amarillo claro.

Segmento 2 (61.08 m) Compuesto por potentes capas gruesas a muy gruesas de 1 a 2 m de areniscas cuarzosas limpias, tabulares de grano medio a muy grueso, bien seleccionadas, subredondeadas, de color crema a amarillo claro, $\leq 5\%$ matriz, deleznales. Hacia el tope del segmento se observan algunas intercalaciones de capas finas de areniscas de grano medio y lodolitas con laminación ondulada paralela continua; este segmento finaliza con un paquete de areniscas tabulares masivas tamaño gránulo. (Figura 39).



Figura39. Formación Mirador. Vía a la mina de carbón Montgomery. Segmento 2 (95.15 m). Capas muy gruesas de areniscas cuarzosas, tabulares, masivas, limpias y deleznales.

Segmento 3 (62.50 m) Conformado en general por capas medias a muy gruesas de areniscas cuarzosas tabulares, masivas, limpias, bien seleccionadas subredondeadas a redondeadas, de color amarillo claro; hacia la parte media del segmento se presentan algunas intercalaciones de capas medias de areniscas cuarzosas ligeramente lodosas (20 %), junto con capas medias de arcillolitas silíceas friables. Desde la parte media y hacia la parte superior del segmento se observa en las areniscas, estratificación cruzada (curvada no paralela continua) delgada a media (Figuras 40 y 41).



Figura 40. Formación Mirador. Vía a la mina de carbón Montgomery. Segmento 3 (148 m). Capas medias a gruesas de areniscas cuarzosas, tabulares, deleznales, limpias.



Figura 41. Formación Mirador. Vía a la mina de carbón Montgomery. Segmento 3 (137 m). Detalle de estratificación cruzada en láminas gruesas en capas gruesas de areniscas cuarzosas.

Segmento 4 (44.07 m) Secuencia de capas finas a medias de lodolitas síliceas grises, tabulares, friables, masivas a finamente laminadas, bien seleccionadas, subredondeadas, con materia orgánica e intraclastos de areniscas finas. Hacia el techo se observan ferruginosas. Se observan en los primeros 20 metros intercalaciones de capas medias de 30 a 60 cm de areniscas cuarzosas lodosas (20-30%) de color amarillo claro con intraclastos de lodolitas y nódulos ferruginosos. (Figura 42).



Figura 42. Formación Mirador. Vía a la mina de carbón Montgomery. Segmento 4 (177.7 m). Lodolitas síliceas ferruginosas en capas finas a medias, tabulares.

Segmento 5 (18.95 m) Paquete de capas gruesas de areniscas cuarzosas de grano medio, tabulares, masivas, bien seleccionadas, subredondeadas, ferruginosas, de color amarillo claro con 2% de feldespatos y 2% de fragmentos líticos. (Figura 43)



Figura 43. Formación Mirador. Vía a la mina de carbón Montgomery. Segmento 5. (227.57 m). Zona de contacto entre capas gruesas de areniscas de la Formación Mirador con intercalaciones de capas finas a medias de arcillolitas friables de color gris y areniscas cuarzosas de grano medio, tabulares, con nódulos ferruginosos de la Formación Carbonera).

2.4.3.3 Espesor, posición estratigráfica y edad

En el área de estudio el espesor de la formación es de 227.5 m (sección medida en la Vía Cúcuta - Bucaramanga). Noestein et al. (1944) estimó en 160 a 400 m el espesor de esta unidad en el área de la Concesión Barco. Para INGEOMINAS (1967) el espesor promedio es de 180 m.

Las areniscas de la Formación Mirador yacen concordantemente sobre las arcillolitas de la Formación Los Cuervos. Aunque ha sido descrito como discordante localmente. El límite superior de la unidad está situado en el contacto concordante entre las areniscas sin estratificación y las shales arenosos de la parte baja de la Formación Carbonera. La edad asignada para esta formación es Eoceno inferior a medio, Hubach (1957) y Van Der Hammen (1958) a partir de datos palinológicos. Se correlaciona con la Formación La Paz y con la parte inferior de la Formación Esmeraldas del Valle Medio del Magdalena.

2.4.3.4 Ambiente de depósito

Estos sedimentos se depositaron en un ambiente transicional, que representa un posible delta (Royero, 2001).

2.4.4 Formación Carbonera (E2c)

2.4.4.1 Nombre y sección tipo

Definida por Notestein et al, (1944), el nombre de Formación Carbonera deriva de la Quebrada Carbonera, afluente del Río Zulia, en el flanco oriental del anticlinal La Petróleá de la Concesión Barco. En general está compuesta por una secuencia de lodolitas grises a gris verdosas, con intercalaciones de areniscas arcillosas; presenta capas de carbón en las partes inferior y superior (Royero, 2001). En su sección tipo se presentan además algunas capas delgadas de caliza en los intervalos carboníferos y raras zonas glauconíticas de limitada extensión lateral (Ward et al, 1973).

2.4.4.2 Descripción litológica

En general consta de arcillolitas grises a gris verdoso en ocasiones pardas con areniscas y con algunos mantos de carbón en su parte inferior y superior. Las arcillas son de color gris comúnmente varicoloreadas y sideríticas. Las areniscas son de color gris verdoso de grano fino a grueso y algo arcillosas; en las partes inferior y superior estas areniscas localmente contienen glauconita; en estos mismos intervalos hay delgadas capas de caliza

Al este de la Falla de las Mercedes, se encuentra compuesta por lodolitas grises, en algunos niveles son gris verdosas, cafés (abigarradas) y sideríticas, micáceas, intercaladas con capas de areniscas de cuarzo, gris verdosas, localmente glauconíticas, con lentes de carbón, Notestein, et al. (1944) para esta unidad describen mantos de carbón en la base y en la parte alta de la formación pero en la zona de estudio no se observaron dichos niveles, hacia el tope hay lentes de calizas y shales carbonosos.

En los alrededores de Durania, la Formación Carbonera aflora al oriente, donde está compuesta por lodolitas grises, localmente ferruginosas, micáceas, con nódulos ferruginosos, en capas generalmente gruesas, intercaladas con areniscas cuarzosas de grano fino, color blanco, presenta grandes mantos de carbón.

2.4.4.3 Espesor, posición estratigráfica y edad

El espesor de esta unidad en el área se estima en 100 m aproximadamente. Su espesor total varía entre 410 y 560 m (De Porta et al., 1974). Royero & Clavijo (2001) estiman un espesor entre 410 y 720 m. La Formación Carbonera descansa concordantemente sobre la Formación Mirador; este límite está marcado por la presencia de las primeras areniscas gruesas de la Formación Mirador (INGEOMINAS, 1967). Su contacto superior es concordante con la Formación León y se marca donde ocurre el cambio de las arcillas pizarrosas puras de esta formación a los sedimentos mas arenosos de la Formación Carbonera. En el área de la plancha 98 – Durania el contacto superior es fallado con rocas del Ortoneis y del Complejo Metamórfico.

Notestein et al, (1944) le asigna a esta unidad Eoceno superior a Oligoceno inferior, con base en estudios paleontológicos de gasterópodos y lamelibranquios en el área de la Concesión Barco, la cual fue confirmada posteriormente por Van Der Hammen (1958). Esta unidad se correlaciona en parte con las formaciones Esmeraldas y la parte inferior de la Formación Mugrosa del Valle Medio del Magdalena (Royero, 2001).

2.4.4.4 Ambiente de depósito

Los sedimentos de esta unidad se depositaron en un ambiente continental a localmente epicontinental (Royero & Clavijo, 2001).

2.4.5 Formación León (E3I)

2.4.5.1 Nombre y sección tipo

Inicialmente, esta unidad fue definida en 1931 por Hedberg (en De Porta et al., 1974) y, posteriormente, redefinida por Notestein et al. (1944) en el área de la Concesión Barco, La localidad tipo se encuentra en la quebrada León, afluente del río Zulia, donde está compuesta predominantemente por lodolitas grises y gris verdes, con escasas intercalaciones de areniscas de cuarzo, grises, grano fino a medio. (Royero, 2001).

2.4.5.2 Descripción litológica

Se observa esta unidad en el extremo noreste de la plancha 98-Durania conformada en general por lodolitas grises y gris verdosas, con escasas

intercalaciones de areniscas cuarzosas grises de grano fino a medio en capas medias.

2.4.5.3 Espesor, posición estratigráfica y edad

El espesor determinado en el área de estudio no pudo ser determinado. INGEOMINAS (1967) en el informe del cuadrángulo G-13 Cúcuta menciona un espesor promedio de 545 m. El contacto inferior con la Formación Carbonera es normal y se marca donde ocurre el cambio de las areniscas de esta a las lodolitas de la Formación León. El contacto superior es concordante con el Grupo Guayabo. INGEOMINAS (1967).

Notestein et al, (1944) con base en fauna y Van Der Hammen (1958) con datos palinológicos establecen una edad Oligoceno medio. Así mismo, la Formación León se correlaciona parcialmente con las formaciones Mugrosa y Colorado del Valle Medio del Magdalena (Royero, 2001).

2.4.5.4 Ambiente de depósito

De acuerdo a las características litológicas de esta unidad, Royero (2001) sugiere un ambiente de depositación transicional deltaico.

2.4.6 Formación Guayabo (E3g)

2.4.6.1 Nombre y sección tipo

Deriva su nombre del cerro Guayabo, en el Distrito Colón, Venezuela. Notestein et al. (1944) emplean el término para el área de la Concesión Barco; Van Der Hammen (1958) tomó como sección tipo para Colombia la sección expuesta en la quebrada León, aunque en esta sección faltaría la parte superior de la unidad. En general está compuesta de base a techo por arcillas arenosas y grises con areniscas (186 m), arcillas y arcillas arenosas con algunas areniscas (181 m), areniscas y localmente arcillas moteadas (436 m) (De Porta, 1974). Van Hauten & James (1984) redefinen el Grupo Guayabo en cercanías de Cúcuta, dividiéndolo de base a techo en tres formaciones: Cúcuta, Cornejo y Urimaco.

2.4.6.2 Descripción litológica

Aflora extensamente en la plancha 99-Villa del Rosario, especialmente al Este del Río Pamplonita, la unidad está constituida en general por areniscas de color

blanco a gris, grano fino a grueso, micáceas, con intercalaciones de lodolitas grises.

2.4.6.3 Espesor, posición estratigráfica y edad

En el área de estudio el espesor de la unidad no pudo ser determinado. En la Concesión Barco el espesor de la Formación Guayabo es de 803 m en la sección de la Quebrada León, pero en esta sección falta la parte superior de la formación (De Porta, 1974). El Grupo Guayabo reposa concordantemente sobre la Formación León; el límite es nítido cuando los niveles de arenas del Grupo Guayabo descansan sobre las shales de la Formación León. La parte superior de la formación está en discordancia angular con los depósitos cuaternarios.

La edad del Grupo Guayabo ha sido considerada del Oligoceno superior-Mioceno, basada en estudios de fósiles (foraminíferos), efectuados por autores como James (1977) y van Houten y James (1984), entre otros, (en Royero, 2001). El Grupo Guayabo se correlaciona con el Grupo Real del Valle Medio del Magdalena

2.4.6.4 Ambiente de depósito

De acuerdo con Van Houten & James (1984) el ambiente de depósito de las formaciones del Grupo Guayabo se puede interpretar como un complejo de ambiente deltaico.

2.4.7 Depósitos cuaternarios (Qal, Qc, Qt)

En el área de estudio se observan depósitos sedimentarios recientes que cubren discordantemente a las rocas cretácicas principalmente. Dentro de estos depósitos se pueden diferenciar: los coluviales y derrubios asociados a fallas los cuales fueron agrupados como una sola unidad (Qc), estos son producto de la erosión presentando una morfología ondulada contrastando con las áreas montañosas (figura 44) y se componen por sedimentos tamaño bloque a arcilla de diferente composición, los depósitos aluviales (Qal) a lo largo de los valles de los ríos y quebradas, siendo los más evidentes los de la Quebrada Zulia compuestos por bloques, gravas y arenas y los depósitos de terraza (Qt) de gran extensión sobre los que se encuentra el Municipio de Chinacota y corresponden a bloques de sedimentos heterogéneos.

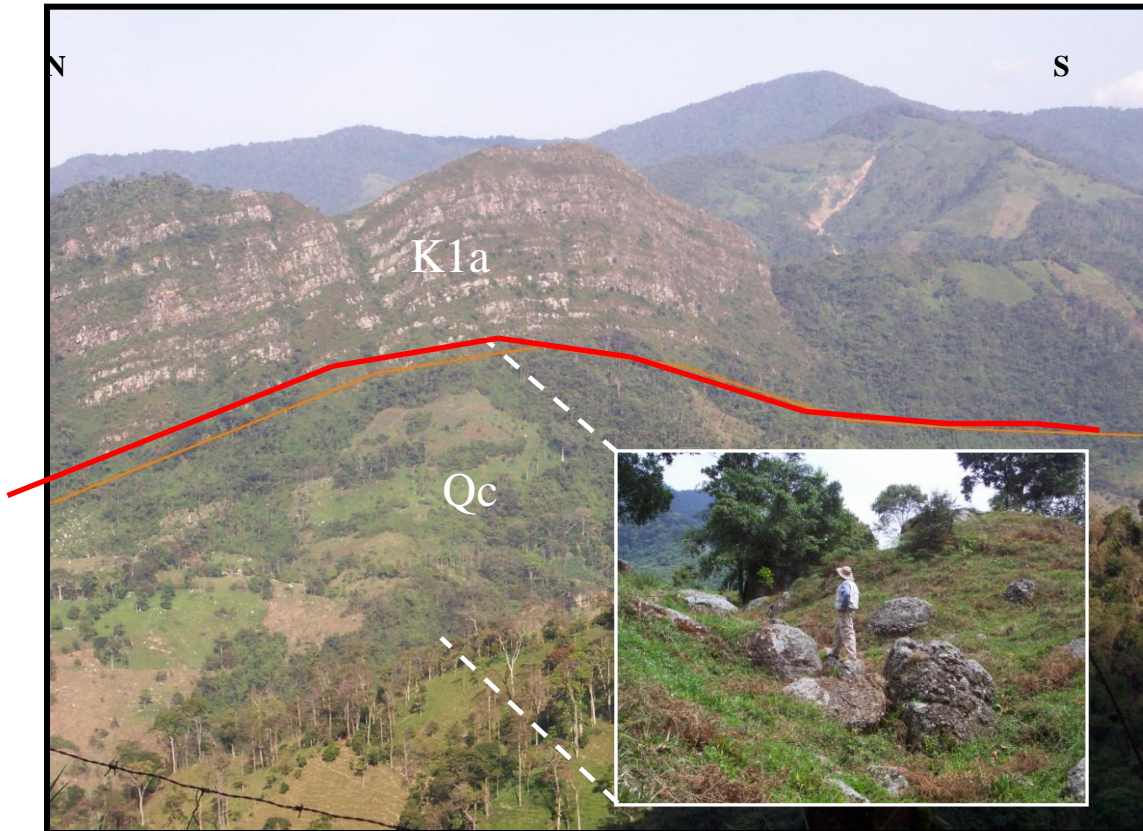


Figura 44. Vía Salazar – Arboledas, donde se observan depósitos de pendiente (Qc) con morfología ligeramente ondulada.

3. TECTÓNICA

Tectónicamente, el área de estudio está en cercanías al límite oriental de una miniplaca tectónica, dinámicamente compleja, denominada Bloque Andes del Norte o Bloque Norandino en trabajos de Kellogg, 1984; Durham, 1985; Boinet, 1985; Kellogg et al., 1985 (en Royero, 2001) y Clavijo (1994) entre otros, el cual está en un punto tripe de contacto bajo la influencia de los límites de las placas del Caribe y la Suramericana. Según (Alfonso & Mondragón, 2001) la evolución tectónica de esta área durante el Mesozoico y Cenozoico registra una compleja y dinámica historia de evolución, asociada a un proceso de colisión y subducción oblicua a lo largo de fallas de desplazamiento lateral y escala regional, entre el borde sur de la Placa Caribe y el extremo noroeste de la placa de Suramérica (Pennington, W., 1981; Kellogg y Bonini, 1982; Kellogg, 1984; Pindell y Barrett, 1990 en Alfonso & Mondragón 2001). Este límite entre las placas está representado por una amplia y difusa zona de activa deformación.

Según Royero (2001) el límite oriental de este bloque ha sido objeto de controversia y estaría marcado aproximadamente por la sutura del sistema de fallas frontal de la Cordillera Oriental Guaicáramo-Chucarima-Chitagá y Boconó en Venezuela, que ha sido considerado en trabajos de autores como Toussaint et al. (1992), Clavijo et al. (1993) y Clavijo (1994), entre otros. El límite occidental es definido por el Sistema de Fallas Bucaramanga-Santa Marta (Clavijo, 2004, Alfonso & Mondragón, 2001).

Para Alfonso & Mondragón (2001) tectónicamente esta zona que hace parte de la cuenca de Catatumbo se localiza dentro de una amplia zona de deformación, al oeste del denominado “Bloque Tectónico de Maracaibo”, la cual es una cuña tectónica que está según los autores escapando activamente hacia el norte por la acción conjugada entre los sistemas de fallas de desplazamiento lateral, que incluyen al mencionado sistema sinextral de Santa Marta-Bucaramanga al oeste y al sistema dextral de Boconó al sur y este, el cual se conjuga con el sistema de fallas frontal de la Cordillera Oriental Guaicáramo-Chucarima-Chitagá. Pindell, *et al.* (1998) (en Alfonso & Mondragón, 2001) estimaron un desplazamiento sinistral de 110 km. sobre el Sistema de Fallas de Bucaramanga–Santa Marta y de 150 km. de desplazamiento dextral en los Andes de Mérida, con base en la retrodeformación paleogeográfica del área durante el Cenozoico.

En la figura 45 se ilustra la configuración tectónica del bloque norandino, la cual está dividida en provincias tectonoestratigráficas, término usado en el sentido de

Clavijo (1994), observando que el área de estudio hace parte de la depresión estructural de la subcuenca de Catatumbo-Zulia como parte de la Cuenca de Maracaibo-Catatumbo, la cual está rodeada por cordilleras andinas que presentan similitudes estructurales y estratigráficas entre sí. Estas cadenas montañosas están representadas por los Andes de Mérida o Bloque de Mérida (Clavijo, 1994) al sur, el cual es un cordón orogénico con dirección NE/SW, que separa la Cuenca de Maracaibo-Catatumbo de la zona estable del escudo de la Guyana y de la Serranía del Perijá al oeste, así como de las estribaciones más septentrionales de la Cordillera Oriental (Macizo de Santander) al suroeste (Alfonso & Mondragón, 2002). Según estos autores “. Estas cadenas están constituidas por un basamento Precámbrico y Paleozoico, con presencia local de volcánicos y plutones granitoides Mesozoicos. Este basamento está suprayacido, por capas rojas Mesozoicas y sedimentos marinos Cretácicos y clásticos Terciarios de espesor variable...”.

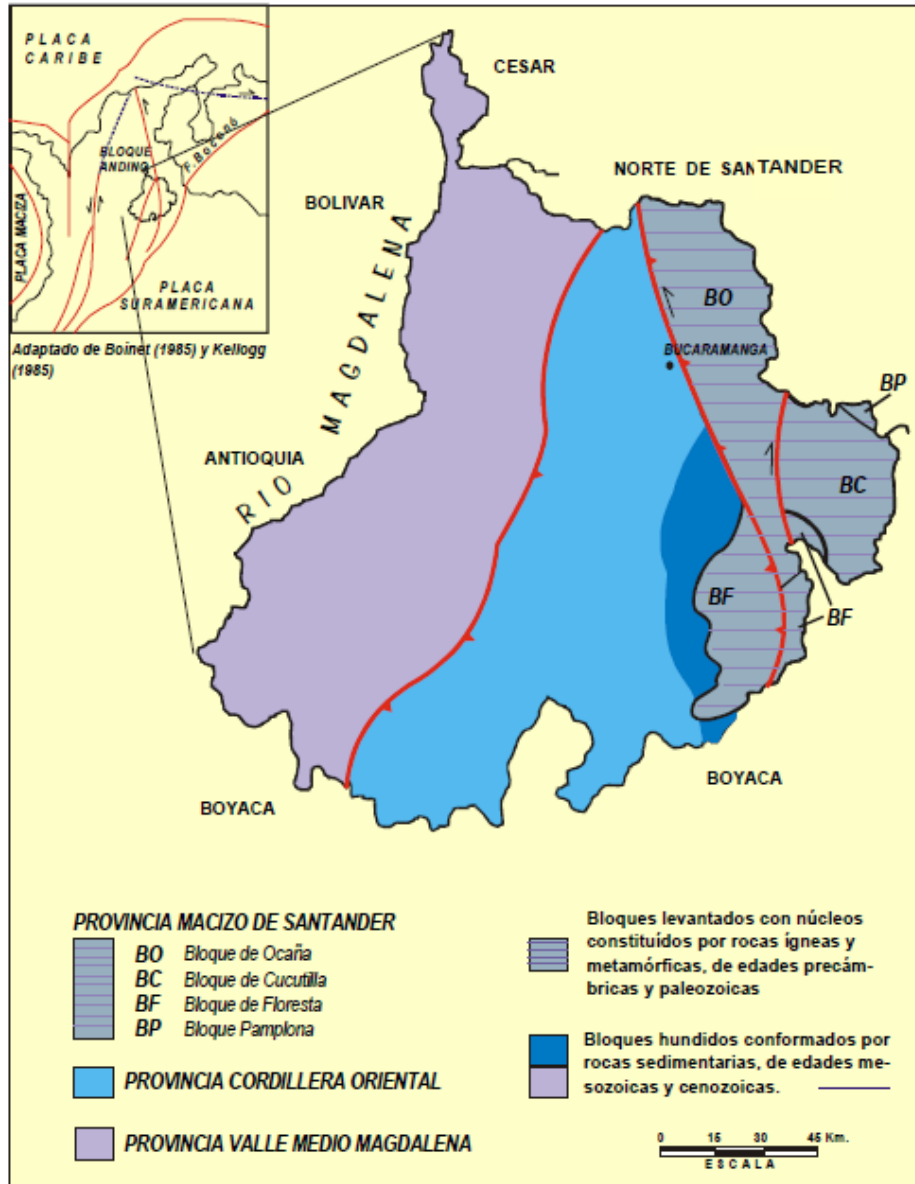


Figura 45. Mapa de provincias estructurales del Departamento de Santander. Adaptado de Clavijo (1994) (en Royero & Clavijo, 2001).

3.1 PROVINCIAS TECTONOESTRATIGRÁFICAS

Por lo anteriormente expuesto el área de estudio se divide en tres provincias tectonoestratigráficas: El Macizo de Santander al oeste del área de estudio como extensión de la Cordillera Oriental, el cual por exponer rocas del basamento se considera una subprovincia geológica de la Cordillera Oriental Case et al (1984). La segunda provincia es la subcuenca Catatumbo-Zulia al noreste del área de estudio y hacia la parte oriental y suroriental el Bloque Chinácota-Margua de la Provincia de Mérida

3.1.1 Macizo de Santander

Esta provincia está representada al oeste del área de estudio por los bloques de Ocaña, Cucutilla y Pamplona

3.1.1.1 Bloque de Ocaña

Este bloque se localiza hacia el extremo suroeste de la plancha. De acuerdo a Royero & Clavijo (2001) se caracteriza por presentar un fallamiento en bloques menores separados por fallas inversas de dirección predominantemente SW-NE. Está constituido por rocas ígneas del Jurásico de la Formación Girón y rocas del Precámbrico del Neis de Bucaramanga.

3.1.1.2 Bloque de Cucutilla

Este bloque según Royero & Clavijo (2001) se presenta como un bloque hundido con un sistema de fallamiento en bloques pequeños con fallas inversas con inclinación al occidente conformado por rocas paleozoicas, Jurásicas y Cretácicas al sur de la plancha en zona próxima al municipio de Cucutilla. Según los mencionados autores este bloque limita al oriente con el sistema de Fallas de Chitagá y al occidente con las Fallas de Baraya y Servitá.

3.1.1.3 Bloque de Pamplona

Según Royero & Clavijo (2001) es un bloque levantado caracterizado por rocas metamórficas precámbricas del Neis de Bucaramanga y sedimentarias paleozoicas de las Formaciones Silgará y Bocas localizado al suroeste de la plancha

3.1.2 Subcuenca Catatumbo-Zulia

La Provincia de Mérida se interpreta como un bloque levantado, que está representado en el área de estudio por los bloques de Chinácota y Margua al oriente de la plancha, cuyas características litoestratigráficas son similares a las del Macizo de Santander (Bloque de Labateca), pero separado de éste a partir del Carbonífero, según A. Bellizzia (en Clavijo, 1994, comunicación oral).

3.1.2.1 Bloque de Chinácota

Es un bloque hundido con respecto a los bloques de Labateca y Oirá; está afectado por fallas inversas de dirección NNE a NNW y se encuentra limitado al occidente, fuera del área, por el sistema de fallas Chucarima - Chitagá - Labateca, que se prolonga en el sistema de Falla Boconó en territorio de Venezuela. El Bloque de Chinácota consta de rocas sedimentarias mesozoicas y cenozoicas, correspondientes a la nomenclatura de la Cuenca de Catatumbo-Maracaibo. El estilo estructural es de plegamientos y cabalgamientos en bloques menores.

3.1.2.2 Bloque de Margua.

Se trata de un bloque de levantamiento menor que el Bloque de Oirá; está conformado por rocas sedimentarias principalmente cretácicas y terciarias. El Bloque de Margua está limitado al occidente por el sistema de fallas Aguas Calientes-La Ganza-Río Oirá, el cual se prolonga en dirección SW-NE en territorio occidental venezolano. El estilo estructural de este bloque es de plegamiento, cuyas estructuras son amplias con una dirección predominante SW-NE.

4. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

El área de las planchas 98 - Durania y 99 – Villa del Rosario se caracteriza por una tectónica muy compleja caracterizada por un estilo estructural de fallamiento inverso con múltiples plegamientos. El cabalgamiento se caracteriza por ser en bloques y pliegues en dirección NNE-SSW

4.1 PLIEGUES

Los pliegues que se presentan en el sector son de tipo local, aunque se encuentran asociados a fallas regionales, las principales estructuras son (de occidente a oriente) el Sinclinal de Bellavista y los Anticlinales de Carrizal y Salazar.

Sinclinal de Bellavista. Se encuentra ubicado al oriente de la Falla de Las Mercedes en la plancha 98ID (cuadrículas A-5 a C-7), tiene una longitud de 3 km. aproximadamente y una dirección NW-SE, es una estructura asimétrica, su núcleo está conformado por la Formación Los Cuervos y sus flancos por las formaciones Colon-Mito Juan y Barco.

Anticlinal de Carrizal. Se encuentra situado al oriente de la Falla de Gramalote en la plancha 98IB (cuadrículas C-10 a E-8), presenta una longitud de 3.4 km. aproximadamente y tiene una dirección NE-SW con un cabeceo al SW, su núcleo se encuentra conformado por la Formación la Luna y sus flancos por La Formación Capacho.

Anticlinal de Salazar. Es el pliegue de mayor extensión en el área (6.4 km. aprox.), se encuentra ubicado en la plancha 98IB (cuadrículas D-11 a H-7), presenta una dirección NE-SW y tiene un cabeceo al SW, su núcleo se encuentra constituido por la Formación Capacho y sus flancos por la Formación La Luna.

Una estructura anticlinal fallada se observa en la plancha 98-II-A (Cuadrángulos A:E-2:4), la falla ha afectado el flanco oeste, seguida hacia el este por un sinclinal de dirección NE-SW, formado por unidades del Eoceno hasta el reciente con buzamientos suaves, su eje se ve afectado por una falla inversa. El núcleo expuesto está conformado por rocas de la Formación Mirador y los flancos están constituidos por rocas de la Formación Cuervos. Estas estructuras son las más definidas en el área.

4.2 FALLAS

La tectónica del área de trabajo se encuentra afectada por la interacción de las placas tectónicas Nazca, Caribe y Suramérica. En esta zona se encuentran fallas inversas de cabalgamiento de dirección predominante N- S. A continuación se describen los principales sistemas de fallas presentes en la zona:

4.2.1 Sistema de Fallas Pamplona - Chitagá

La Falla de Chitagá - Pamplona, se extiende de forma paralela a la falla de Morronegro en cercanías a los municipios de Bochalema y Don Juana. Sitúa en contacto rocas Precámbricas y Jurasicas al este con rocas del Cretáceo y Terciario al oeste). Esta falla podría ser una extensión de la falla de Boconó en Venezuela. Su sentido de movimiento es sinistral (izquierda-lateral) y el trazo es marcado por escarpes prominentes continuos, cambios abruptos en la pendiente en ambos lados de la falla y alineación de cuchillas.

4.2.2 Sistema de Fallas Morronegro – Las Mercedes

La Falla de Morronegro – Las Mercedes, se extiende por el noreste de la Cordillera Oriental de Colombia, este sistema de fallas presenta un cambio de dirección de NW a N. Desplaza rocas del Paleozoico y Cretácico. (Figura 46). El componente vertical se invierte, en el norte el bloque oeste es levantado y el lado este es levantado hacia el sur. El movimiento es sinistral en el sur y dextral en la parte norte. El trazo es marcado por escarpes prominentes continuos, alineación de drenajes, depresiones estructurales, alineación de cuchillas y valles, escarpes degradados y levantamientos locales.

El sentido de la inversión varía desde noroeste en el sur a norte - sur y noreste en la parte norte donde se dirige hacia la falla de Boconó en Venezuela. El Sistema de fallas de Morronegro - La Merced se observa hacia el Este de la plancha 98, donde se extiende de norte a sur

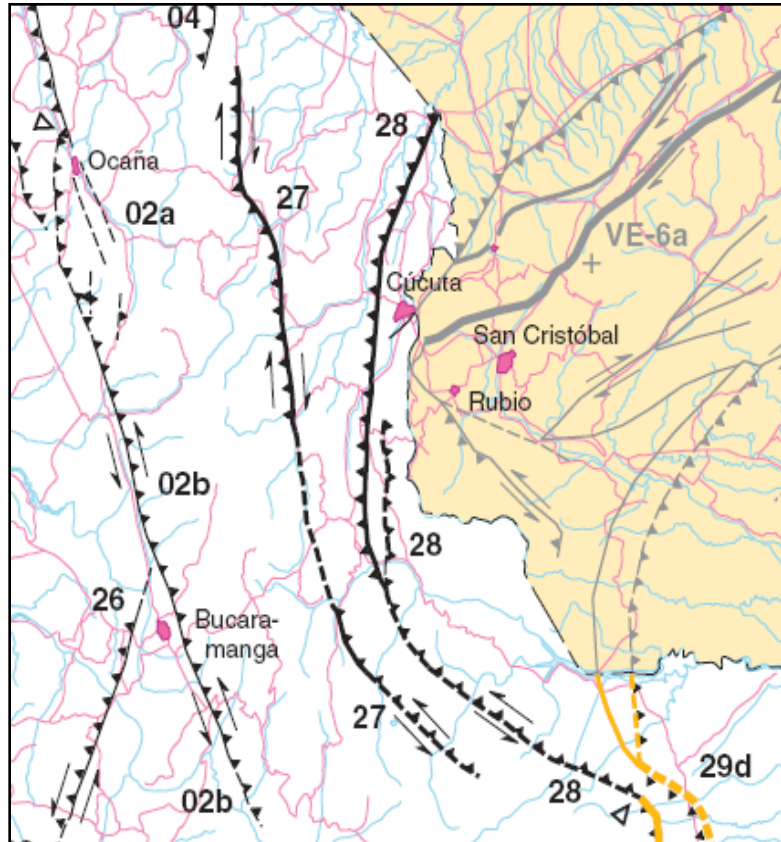


Figura 46. Sistema regional de Fallas Morronegro – Las Mercedes (27) y Pamplona – Chitagá (28). Tomado de Paris, G., et. al., (2000).

Falla de Las Mercedes. Es una falla de carácter regional y el rasgo estructural más destacado en el área de estudio, pone en contacto rocas cristalinas precámbricas con rocas sedimentarias cretáceas y terciarias. Es una falla de cabalgamiento de dirección N-S que atraviesa las planchas 98IB y 98ID, tiene un ángulo de 30° aprox. con una inclinación al occidente.

Las estructuras principales y el patrón primario de fallamiento muestra una orientación general N – NE – S-SOE. En la plancha 98-IV-C, se observan principalmente fallas inversas que hacen parte de dos sistemas:

El Sistema de fallas de Morronegro- La Merced, actúa hacia el oeste de la plancha; donde se extienden de norte a sur afectando rocas Precámbricas del complejo Metamórfico (cuadriculas A: J-2).

En la zona se presentan fallas inversas que ponen en contacto Rocas del Grupo Uribante con Rocas Cretácicas de Capacho y que hacia el norte repite la Formación Aguardiente. El bloque este es levantado hacia el oeste y el rasgo

geomorfológico predominante son las facetas triangulares a lo largo de la falla. (Figura 47).



Figura 47. Vereda Santa Lucia Alta. Facetas triangulares a lo largo de una falla inversa.

El sistema de Fallas Pamplona – Chitagá, (cuadrículas A: J-11) con una dirección norte – sur, pone en contacto rocas de la Formación Bocas (este) con rocas Jurásicas y Cretácicas (oeste). En esta área el bloque este es levantado hacia el oeste y el rasgo geomorfológico predominante es un cambio de pendiente a lo largo de la falla.

En la zona se presentan fallas inversas menores que pone en contacto rocas del Complejo metamórfico con rocas Cretácicas y Rocas Jurasicas con rocas Cretácicas.

En la plancha 98-II-C y 98-II-A, interactúa El Sistema de fallas de Morronegro - La Merced, poniendo en contacto el Granito de Durania con rocas Cretácicas (plancha 98-II-C) y fallas inversas que levantan rocas de la Formación Capacho sobre rocas de las Formaciones Luna, Colon Mito - Juan y Mirador.

Como fallas menores asociadas al sistema de fallas se observan las siguientes:

- Falla de Gramalote. Esta falla atraviesa las planchas 98-I-B y 98-I-D, es una falla de cabalgamiento que pone en contacto en la plancha 98-I-D rocas jurasicas con rocas cretáceas y terciarias, tiene una inclinación al oriente.
- Falla del Río Zulia. Es una falla que controla el curso del Río Zulia, atraviesa la plancha 98-I-D y pone en contacto rocas del jurasico con rocas del cretáceo inferior, repite estratigráficamente las formaciones Aguardiente y Capacho.

5. GEOLOGÍA ECONÓMICA

A continuación se presenta una breve información sobre los principales recursos minerales existentes en las planchas 98 - Durania y 99- Villa del Rosario, los cuales han sido agrupados según la clasificación adoptada por el INGEOMINAS (1994-1995). De esta forma los recursos minerales son clasificados en los siguientes grupos: Metales básicos (Figura 48), minerales industriales, recursos energéticos y materiales de construcción.

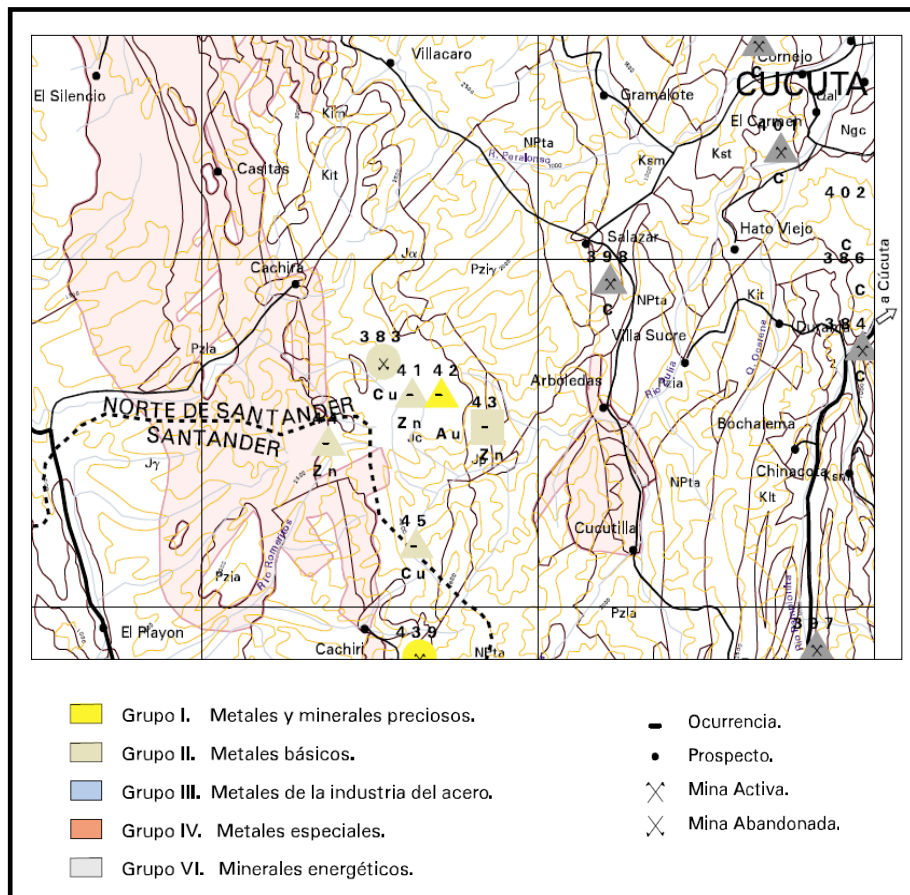


Figura 48. Mapa de ubicación de recursos minerales en el área de estudio. Tomado de INGEOMINAS (1994-1995).

5.1. GRUPO I – METALES Y MINERALES PRECIOSOS

5.1.1 Oro

Se observan manifestaciones de este mineral dentro de los depósitos aluviales arrastrados por el Río Arboledas que provienen de filones erosionados; así como en la parte alta del Río Cucutilla y algunos de sus tributarios (Otero & Angarita, 1975).

5.2. GRUPO II – METALES BÁSICOS

5.2.1 Cobre

Se han reportado manifestaciones de cobre al SE del municipio de Cáchira; la mineralización de calcopirita, bornita con ganga de calcita se encuentra dentro de un pórfido andesítico que corta areniscas rojas del Girón (Otero & Angarita, 1975).

5.2.2 Zinc

Se presentan generalmente en venas y filones, casi siempre en asociaciones con sulfuros de cobre y en pequeñas cantidades con barita y fluorita (Otero & Angarita, 1975)

5.3. GRUPO V- MINERALES INDUSTRIALES

En el área de estudio se presentan calizas y roca fosfórica.

5.3.1 Calizas

Las calizas que se presentan en la zona con espesores mayores a 1.0 m, se encuentran dentro de la formación Tibú- Mercedes, las formaciones Capacho y La Luna presentan menores espesores y la Formación Colon-Mito Juan presenta calizas con bajos espesores. La mayoría de las minas actualmente no se encuentran en explotación.

Las calizas de la Formación Capacho se explotan en dos principales frentes: En el sector de La Selva (cuadrícula C-9) y en la carretera Cúcuta – Pamplona (cuadrícula H-8), donde se inició un frente de explotación. Sobre la vía que conduce al Corregimiento de Carmen de Nazareth (esta se halla por fuera del área de estudio), se presenta la mayor zona de explotación. Estas calizas tienen gran potencial para ser utilizadas en la industria del cemento. Se observan numerosos

afloramientos de calizas en los municipios de Ragonvalia y Herrán, así como sobre las vías Gramalote-Salazar y Arboledas-Cucutilla.

5.3.2. Roca fosfórica

La roca fosfórica se presenta en la Formación la Luna (hacia el tope), con espesores de 0.40 m. aproximadamente. Las localidades donde se presentan manifestaciones de fosforitas son Gramalote, Salazar y Arboledas formando una faja de 35 km de longitud. La roca mineralizada está constituida por apatito y colofana; se encuentra en el Miembro Galembó de la Formación La Luna (Clavijo, 1994). No existe actualmente ningún tipo de explotación de este recurso en el sector, por tal razón se hace necesario un estudio con un mayor enfoque en estas manifestaciones de roca fosfórica que presentan un gran potencial, ya que existe una buena representación de esta unidad en el área. De la Formación la Luna también se utiliza materiales como calizas y cherts para el afirmado de carreteras.

5.3.3. Mica

Las manifestaciones de mica se presentan en las rocas ígneas pegmatíticas que afloran en las áreas de Durania, Bochalema, Arboledas y Cucutilla, junto con minerales radioactivos diseminados, principalmente óxidos de uranio (autunita, fosfarunilita, uraninita, becquerelita) no explotables económicamente (Clavijo, 1994). Se destacan las mineralizaciones de moscovita en libros de 20 a 30 cm de longitud máximos dentro de una pegmatita que presenta también minerales de turmalina y granate.

5.3.4. Arcillas

En el área de estudio los afloramientos del Grupo Guayabo y de la Formación León son fuente abundante de arcillas que son aprovechables para la industria cerámica. (Figura 49).

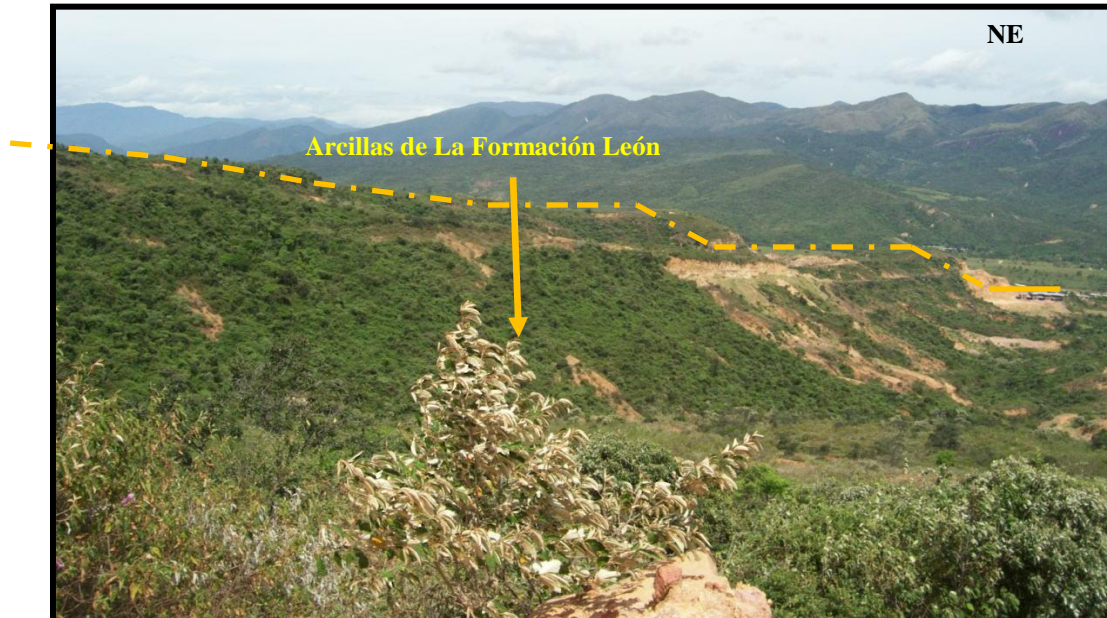


Figura 49. Zona de explotación de arcillas de la Formación León. Ladrillera Sigma. Municipio de Los Patios.

5.4. GRUPO VI- RECURSOS ENERGÉTICOS

5.4.1. Carbón

El recurso energético más importante de la zona de estudio es el carbón, siendo su explotación una de las principales fuentes de empleo en esta región. El potencial carbonífero del área está definido por la aparición de las Formaciones Cuervos y Carbonera.

Áreas carboníferas muy importantes se encuentran en la plancha 98: En la zona de Carmen de Tonchalá (cuadrícula B-9) haciendo parte de una estructura sinclinal y en los alrededores del Municipio la Don Juana, (cuadrículas C-9 y D-9), en esta área afloran las Formaciones Carboníferas en franjas de dirección Norte – Sur.

Hacia el occidente de la plancha 98, el área carbonífera del Municipio de Salazar (Figura 50) se encuentra ubicada entre la Falla de Las Mercedes al occidente y la Falla de Gramalote al oriente, las cuales comprimen y fracturan esta zona. El área se encuentra dividida en tres sectores: norte, centro y sur (Fernández et al. 1998). Existen cuatro mantos en la zona carbonífera de Salazar con espesores promedio entre 0.60 m. y 1.0 m., estos mantos pertenecen a la Formación Los Cuervos. Según Fernández et al. (1998) esta formación cuenta con 2.515.000 de toneladas en recursos geológicos (medidos + indicados) y 20.707.000 de toneladas en

reservas básicas (medidas +indicadas). Los carbones de la Formación Los Cuervos están clasificados como bituminosos medios y altos en volátiles A; los carbones que presentan escasa capacidad de coquización se explotan para uso térmico y los que son coquizables son utilizados en la industria siderúrgica nacional, también son exportados a Venezuela.



Figura 50. Zona de explotación de carbón de la Formación Los Cuervos.
(Municipio de Salazar).

5.5. GRUPO VII- MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Sobre las vías principales donde aflora la Formación Luna (Figura 51), se encuentran áreas de explotación de las liditas que son utilizadas para el mantenimiento de las vías secundarias de la región. En la explotación de estos recursos, se pueden enumerar los siguientes impactos negativos, sobre los recursos aire, suelo, paisaje y agua: modificación de drenajes naturales, alteración del suelo, generación de procesos erosivos, eliminación de la vegetación, desestabilización de taludes y generación de riesgos por remoción en masa. No obstante existen medidas de manejo que permiten su control y mitigación, buscando que las operaciones mineras se realicen bajo el marco de un desarrollo sostenible.

La modificación del terreno se debe a la explotación anti técnica del terreno, empezando desde la parte más baja del talud hasta llegar a la más alta, con el propósito de provocar derrumbes del material (esto se observa en áreas de explotación de material para el sostenimiento de las carreteras); y la inadecuada disposición de escombros sobre laderas y cauces naturales.



Figura 51. Cantera de explotación de las liditas de la Formación Luna que son utilizadas para el mantenimiento de las vías secundarias de la región (Vía Durania – La Don Juana).

6. EVOLUCIÓN GEOLÓGICA

Los estudios geológicos llevados a cabo en la Cordillera Oriental, especialmente en el denominado Bloque Norandino (Cediel et al, 2003; Mann, 1995), han facilitado el conocimiento de su composición geológica, lo que también ha permitido la interpretación secuencial y cronológica de algunos procesos que han contribuido con la actual configuración de la Cordillera Oriental de Los Andes Colombianos. En el área de estudio no se han realizado estudios detallados que permitan establecer con más precisión sus condiciones paleoambientales durante su evolución geológica; sin embargo se puede efectuar una descripción breve de los diferentes eventos ocurridos durante la evolución geológica del área de las planchas 98 y 99. Estos procesos están relacionados con el desarrollo geológico del Macizo de Santander, la cuenca del Catatumbo y de la Cordillera de Mérida en el territorio occidental venezolano.

La evolución geológica de esta área ha sido explicada por numerosos autores (Estrada, 1972; Boinet, 1981, 1982, 1985; Etayo, et al, 1986; Toussaint & Restrepo, 1989) a través de la aloctonía de algunos terrenos y bloques que conforman el complejo mosaico caribeño Norandino del cual hace parte activa el territorio nortesantandereano

6.1. PRECÁMBRICO

De acuerdo con Royero (2001) “en el territorio colombiano no se han reconocido unidades litoestratigráficas del Arcaico, o sea, que tengan edades superiores a los 2.500 Ma (Toussaint, 1993). Supuestamente se piensa que a mediados del Proterozoico, el área de estudio formaba parte de una provincia tectonoestratigráfica ancestral que se encontraba unida al Escudo de Guyana (Irving, 1971; Kroonenberg, 1982; Clavijo, 1994), sin descartarse la posibilidad de que ya existiera como una unidad precámbrica alóctona con respecto al Escudo (Etayo et al., 1983; González et al., 1988; Toussaint & Restrepo, 1989)”.

En este lapso se desarrolla una cuenca marina de sedimentación predominantemente samítica, pelítica y calcárea. Esta secuencia es deformada, instruida por cuerpos cuarzomonzoníticos y afectada por metamorfismo de alto grado a finales del Proterozoico (945 ± 40 Ma), para conformar las unidades Neis de Bucaramanga o Complejo Bucaramanga y Ortoneis.

6.2. PALEOZOICO

Durante el Paleozoico inferior (Cámbrico), sobre paleorelieves erosionados del Proterozoico superior se deposita una potente secuencia granodecreciente cíclica de ambiente de talud submarino (Etayo, et al., 1986). Posteriormente, esta secuencia fue afectada por plegamiento y metamorfismo durante la Orogenia Caledoniana 410-450 Ma (?), alcanzando la facies esquisto verde, y se constituye la unidad conocida como Formación Silgará (Ward et al., 1973). En este lapso de tiempo ocurre el emplazamiento de intrusivos graníticos y dioríticos (Granito de Durania y afines) (Clavijo, 1994).

Registros geocronológicos de los períodos Silúrico y Devónico inferior no se conocen en el área de estudio ni en áreas adyacentes; su ausencia podría interpretarse como la no depositación (hiato estratigráfico), o el desarrollo de procesos erosivos o también a grandes movimientos tectónicos al finalizar la Orogenia Caledoniana en este sector de la Cordillera Oriental.

A finales del Devónico inferior se desarrolla una subsidencia en la Cordillera Oriental, mientras que a mediados del Devónico se inicia un período de sedimentación marina epicontinental, sobre la margen oriental del océano Proto-Atlántico donde se originaron las formaciones El Tíbet, de un ambiente litoral transgresivo, y Floresta de ambiente marino de plataforma bastante tranquilo, sin perturbación de corrientes (Mojica & Villarroel, 1984); las cuales no aparecen en el área de estudio. En este intervalo se suceden movimientos compresivos, donde ocurre la probable separación de la Provincia de Mérida a partir del Carbonífero.

La Cordillera Oriental durante el Devónico superior y el Jurásico medio, se caracteriza por la ocurrencia de procesos magmáticos diferenciales y por la ausencia de metamorfismo regional (Royero, 2001). Estos procesos magmáticos indican una etapa temprana del Grupo Plutónico del Macizo de Santander. Entre los períodos Devónico superior y el Carbonífero inferior se presenta un gran hiato estratigráfico (Ward et al., 1973).

6.3. MESOZOICO

A comienzos del Triásico se inicia la apertura del Paleocaribe por riftogénesis que separa a Norte y Suramérica, algunas áreas comienzan a hundirse generando procesos de erosión por lo que en el área de estudio no hay registro de rocas sedimentarias del Triásico-Jurásico inferior. (Clavijo, 1994). Durante el Triásico superior y el Jurásico inferior, se inicia el proceso de ruptura de Pangea mediante un proceso de riftogénesis intercontinental, cuyas ramificaciones afectan gran parte del Cratón suramericano (Maze, 1984; en Clavijo, 1994).

En lo que hoy es el noreste de Colombia se forman numerosos grábenes y cuencas (Valle Medio del Magdalena, Cesar, Perijá y Mérida) los cuales fraccionan el megaterreno por hundimiento en bloques escalonados, siguiendo un patrón en zig-zag limitado por dos sistemas de fallas con dirección N-NE y SE-NW, cuyo elemento principal es la Falla de Bucaramanga. Seguidamente suceden breves incursiones marinas que representan la Formación Bocas, seguidas de una sedimentación fluvio-lacustre acompañada de vulcanismo explosivo. A finales del Jurásico se produce una sedimentación de ambiente fluvial, que da origen a la Formación Girón (Clavijo, 1994); la cual se caracteriza en el área de estudio por su contacto discordante con el Neis de Bucaramanga, el Ortoneis, la unidad de Rocas Extrusivas no diferenciadas y la Formación Bocas. A comienzos del Cretácico termina la actividad volcánica y con ella el proceso de riftogénesis.

En el Cretácico temprano se registra una etapa de subsidencia con cambios graduales en la depositación de tipo continental a marino, donde la sedimentación deltaica podría estar marcando el inicio de una regresión del mar en ese intervalo; se deposita una potente secuencia de areniscas, lutitas y calizas, cuyo espesor supera los 4.000 m, con avances y retrocesos del mar y con parcial influencia deltaica. Esta secuencia está representada principalmente por las diferentes formaciones cretácicas correspondientes a la Cuenca de Catatumbo-Maracaibo, al Macizo de Santander y la Provincia de Mérida. (Royero, 2001).

6.4. CENOZOICO

A finales del Cretácico y principios del Terciario ocurre el retiro del mar. Finaliza la etapa distensiva y desde el Paleoceno se da inicio a la etapa compresiva, y ocurre con ésta el levantamiento de la provincia del Macizo de Santander, durante el Paleoceno medio. Durante este lapso las condiciones ambientales desarrolladas dieron lugar a una sedimentación de origen marino a transicional-continental, cuyo material tiene más de 1.500 m de espesor y es componente de las formaciones terciarias de la Cuenca de Catatumbo-Maracaibo (Clavijo, 1994). En el Paleoceno medio ocurre el levantamiento del Macizo de Santander. Durante este lapso la erosión remueve gran parte de la megasecuencia cretácica, y aporta el material que forma las diversas y potentes unidades terciarias.

Durante el Mioceno medio se produce el inicio del levantamiento de la Cordillera Oriental, pero luego en el Mioceno medio tardío es cuando se desarrolla una fase compresiva más intensa, que origina en el extremo occidental una cadena montañosa, plegada, cabalgante, de vergencia al occidente y forma en el borde oriental un sistema de cabalgamiento, con vergencia al oriente, lo que coincide con el Bloque Pamplona (Clavijo, 1994).

Con base en estas condiciones tectonogénicas el Macizo de Santander se interpreta como un horst, cuyos bordes occidental y oriental cabalgan respectivamente sobre la cuenca del Valle Medio del Magdalena, y sobre las cuencas de Catatumbo-Maracaibo y Llanos Orientales (Fabre, 1983; Toussaint & Restrepo, 1989). Después de desarrollarse una fase corta y distensiva en la Cordillera Oriental, durante la cual se originó un fallamiento normal (Falla de Labateca en su fase inicial de formación), y a partir del Mioceno superior, se inicia una fase compresiva que se ha continuado hasta la actualidad (Boinet et al., 1985).

La Orogenia Andina, durante el Mioceno-Plioceno, dio origen a la regresión final del mar y así el ambiente depositacional con el tiempo se fue tornando progresivamente de tipo marino a completamente continental. Después de un proceso distensivo durante el cual se produce fallamiento normal (Falla de Labateca y afines), se continúa la fase compresiva que desde el Mioceno tardío hasta el presente se encuentra en proceso de actividad (Boinet, 1985), generada por el desplazamiento de la Placa Sudamericana hasta el presente (Sistema de Fallas de Chitagá-Boconó), la cual ha producido como resultado final la actual conformación geomorfológica de la Cordillera Oriental y particularmente la estructuración del territorio perteneciente a las planchas 98 - Durania y 99 - Villa del Rosario.

Como fase final en el desarrollo de la evolución geológica del área de estudio, se registra la sedimentación de algunos depósitos cuaternarios de origen aluvial y coluvial, conos de deyección y escasas terrazas fluviales, cuyas edades van del Pleistoceno al Holoceno.

7. BIBLIOGRAFÍA

- ARENAS, J. 2004.** Litología y petrografía de las metamorfitas carbonatadas y metasedimentitas asociadas de la Formación Silgará, faja noreste de Mutiscua (macizo de Santander), Norte de Santander.
- ALFONSO, C.; MONDRAGÓN, J. 2001.** Evaluación regional de la Cuenca del Catatumbo Fase 1. ECOPETROL, 124 p.
- BOINET, T.; BOURGOIS, J.; MENDOZA, H. 1982.** Tectónica de sobrecorrimiento en el área Pamplona - Cordillera Oriental de Colombia. UIS, Bol. Geol., (29): 81-97. Bucaramanga.
- BOINET, T.; BOURGOIS, J; MENDOZA, H.; VARGAS, R. 1985.** Le Poicon de Pamplona (Colombie): Un jalon de la frontiere meridionale de la Plaque Caraibe. Soc. Geol. France Bull, 8, T.I, (3):403-413. París.
- BOINET, T., 1985.** La frontiere meridionale de la plaque Caraibe aux confins Colombo-Venezueliens. Tesis Universite et Marie Curie. París.
- CASTILLO, J. Y CEBALLOS, C., 1990.** Evaluación Estructural del Grupo Uribante en los Campos Tibú, Socuavo y Sardinata de la Cuenca del Catatumbo. Tesis Universidad de Caldas.
- CEDIEL, F., 1968.** El Grupo Girón, una molasa mesozoica de la Cordillera Oriental. Serv. Geol. Nal., Bol. Geol., 16 (1-3):5-96. Bogotá.
- CLAVIJO, J., 1994.** Mapa geológico generalizado del Departamento de Norte de Santander. Escala 1:250.000. Ingeominas. Memoria explicativa (1995), 47 p. Santa Fe de Bogotá.
- CLAVIJO, J., et al., 2001.** Mapa geológico generalizado del Departamento de Santander. Escala 1:400.000. INGEOMINAS. Memoria explicativa, 92 p. Santa Fe de Bogotá.
- DE PORTA, I., 1965.** La estratigrafía del Cretáceo Superior y Terciario en el extremo sur del Valle Medio del Magdalena, Boletín Geológico de la U.I.S., No 19, Bucaramanga.

- DE PORTA, I., et al., 1974.** *Léxique Stratigraphique International*, Vol. V. Amérique Latine, fascicule 4b, Colombie. 689p., Paris.
- DICKEY, P. A., 1941.** Pre-Cretaceous sediments in Cordillera Oriental of Colombia. *Am. Assoc. Petrol. Geol. Bull.*, 29: 1789-1795. Tulsa.
- DUNHAM, R. J., 1962.** "Classification of carbonate rocks". – AAPG Memoir 1, p 108-121.
- ESTRADA, A., 1972.** Geology and plate tectonics history of the Colombian Andes. M.Sc. Thesis (inérita), Stanford University, 115 p. Stanford.
- FABRE, A., 1981a.** Geología regional de la Sierra Nevada del Cocuy, Departamento de Boyacá e Intendencia del Arauca. INGEOMINAS., Informe 1877, 246 p. Bogotá.
- FERNÁNDEZ, M. et al., 1998.** Programa de "normalización de reservas y recursos carboníferos" Departamento de Norte de Santander. ECOCARBON. El Zulia.
- FOLK, T., 1974.** Petrology of sedimentary rocks. University of Texas.
- GARCÍA, R. et al., 1980.** Correlación estratigráfica y síntesis paleoambiental del Cretácico de Los Andes Venezolanos. (Inédito), 67 p. Caracas.
- GARNER, S., 1926.** Suggested nomenclature and correlation of the geological formations of Venezuela. *Am. Inst. Mining Metall. Engineers Trans.*, 677-684 p.
- GOLDSMITH, R. et al., 1971.** Radiometric ages in the Santander Massif, Eastern Cordillera, Colombian Andes. U.S. Geological Survey Professional Paper (750): 44-49. Washington.
- GONZALEZ, H.; NÚÑEZ, A.; PARIS, G., 1988.** Mapa Geológico de Colombia. Escala 1:1'500.000. INGEOMINAS. Memoria explicativa, 71 p. Bogotá.
- HETTNER, A., 1892.** Die Kordillere von Bogotá, Gotha, Patermans Mitteil; 2, 131 p. Ergänzungsheft.
- HUBACH, E. 1957.** Contribución a las unidades estratigráficas de Colombia. *Inst. Geol. Nal.*, Informe 1212, 166 p. Bogotá.
- INGEOMINAS. 1967.** Memoria del Cuadrángulo G-13 Cúcuta.

- INGEOMINAS, 1994-1995.** Minerales Estratégicos para el Desarrollo de Colombia. 339 p. Santa Fe de Bogotá.
- INGEOMINAS, 2001.** Mapa de Recursos Minerales de Colombia. Plancha 5-06, escala: 1: 500.000. Bogotá.
- IRVING, E., 1971.** La evolución estructural de Los Andes más septentrionales de Colombia. INGEOMINAS, Bol. Geol., 19(2):1-90 p. Bogotá.
- JAMES, H. E., 1977.** Sedimentology of the iron-oxide-bearing upper Miocene (?) Guayabo Group in the vicinity of Cúcuta, Colombia. Princeton University. New Jersey.
- JAMES, M., 1985.** Evidencia de collision entre la miniplaca o bloque Andino la placa Norteamericana desde el Mioceno medio. 6 Congr. Latinoam. Geol., Mem., 1: 58-75. Bogotá.
- JULIVERT, M., 1958.** La morfoestructura de la zona de Mesas al SW de Bucaramanga. Universidad Industrial de Santander. Boletín de Geología, (1): 7-44. Bucaramanga.
- JULIVERT, M. et al., 1968.** Lexique Stratigraphique International, merique Latine Colombia Premiere Parte). Centre National de la Recherche Scientifique. 5, (4a), Colombie, 651 p. París.
- KELLOGG, J.N., 1984.** Cenozoic tectonic history of the Sierra de Perijá, Venezuela-Colombia, and adjacent basins, in Bonini, W. et al (ed). The caribbean South American Plate Boundary and regional tectonics. Bulletin Geological Society of America, Memoir 162. Colorado.
- KELLOGG, J.N.; OGUIJIOFOR, I. y KANSAKAR, D., 1985.** Cenozoic tectonics of the Panama and North Andes blocks. VI Congreso Latinoamericano de Geología. Memorias, I : 34-49. Bogotá.
- KRONNEMBERG, S., 1982.** "A Grenvillian Granulite Belt in the Colombian Andes and its relation to the Guaiana Shield". – Geologie en Mijnbouw, v 61, p 325-333.
- LANGENHEIM, R. L., 1954.** Preliminary report on the stratigraphy of the Girón Formation in Santander and Boyacá. Instituto Geológico Nacional. Informe 1011, 20 p. Bogotá.

- MEJÍA, L. J.; SÁNCHEZ, C.; ANGARITA, L.; GIL, E., 1980.** Áreas carboníferas del Departamento de Norte de Santander. INGEOMINAS, Informe 1807, 77 p. Bogotá.
- MEJÍA, L. J., 1974.** Prospección geoquímica del Páramo de Cáchira, Departamento del Norte de Santander. Ingeominas. Informe 1665. Bucaramanga.
- MOJICA, J. & VILLARROEL, C., 1984.** “Contribución al conocimiento de unidades paleozoicas del área de Floresta (Cordillera Oriental colombiana; Departamento de Boyacá) y en especial al de La Formación Cucho”. – Geología Colombiana 13, p.55-79, Departamento de Geociencias, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- NAVAS, J., 1963.** Estudio estratigráfico del Girón al W del Macizo de Santander (Cordillera Oriental). Universidad Industrial de Santander. Boletín de Geología, (12): 19-33. Bucaramanga.
- NOTESTEIN, F. B.; HUBMAN, C.W.; BOWLER, J. W., 1944.** Geology of the Barco Concession Colombia. Geol. Soc. Am. Bull., 55:1165-1216. New York.
- OPPENHEIM, V., 1940.** Jurassic-Cretaceous (Girón) beds in Colombia and Venezuela. American Association of Petroleum Geologists Bulletin, 24: 1611-1619. Tulsa.
- OTERO, A.; ANGARITA, L., 1975.** Ocurrencias minerales en el Departamento de Norte de Santander. Informe 1685. INGEOMINAS. Bogotá.
- PARIS, G., et al., 2000.** Map and Database of Quaternary Faults and Folds in Colombia and its Offshore Regions. A project of the International Lithosphere Program Task Group II-2, Major Active Faults of the World. USSG. 61p. Denver, Colorado USA.
- PONS, D., 1982.** Etude paleobotanique et palynologique de la Formation Giron (jurassique moyencretace inferieur) dans la region de Lebrija, Departamento de Santander, Colombie. Nat. Savantes Brest. Sci. Jasc.1 : 53-78. París.
- REMY, W., et al., 1975.** Neueinstufung der Bocas-Folge (Bucaramanga, Kolumbien) in den Unteren Jura anhand einer Phlebopteris-branneri und classopollis-Flora-Argumenta Paleobotánica (4): 55-77. Münster.
- RENZ, O., 1959.** Estratigrafía del Cretáceo en Venezuela occidental. Ministerio de Minas e Hidrocarburos. Boletín Geológico, 5 (10): 3-48. Caracas.

- RENZ, O., 1977.** The lithologic units of the Cretaceous of Western Venezuela. Quinto Congreso Geológico Venezolano. Memorias. I: 45-58. Caracas.
- RESTREPO – PACE, P. 1995.** “Late Precambrian to Early Mesozoic tectonic evolution of Colombian Andes, based on new geochronological, geochemical and isotopic data”- Tesis doctoral, Department of Geosciences, University of Arizona, 159 p.
- RICHARDS, H., 1968.** Cretaceous section in Barco area of Northeastern Colombia. American Association of Petroleum Geologists Bulletin, 52 (12) : 2324-2326. Tulsa.
- ROBERTSON RESEARCH, 1985.** Colombia Petroleum Geology. A Basin by Basin Evaluation. Informe Geológico 1512.
- ROD, E., & MAYNC, W., 1954.** Revisión of lower Cretaceous stratigraphy of Venezuela. American Association Petroleum Geologists Bulletin, 38, (2): 193-283. Tulsa.
- ROYERO, J.M.; 2001.** Geología y geoquímica de la plancha 111 Toledo - Norte de Santander. Escala 1:100.000. INGEOMINAS. Memoria explicativa (2001), 56 p. Santa Fe de Bogotá.
- ROYERO, J.M., y ZAMBRANO, J.E., 1987.** Geología de la Plancha 111 Toledo - Norte de Santander. Informe Oficina Regional Bucaramanga, INGEOMINAS, 323 p., Bucaramanga.
- SALINAS, R. y DACONTE, R., 1982.** Cartografía geológica y geoquímica regional de la Plancha 122 (Río Cubugón). Ingeominas. Informe interno (inédito), 88 p. Bucaramanga.
- SIEVERS, W., 1888.** Die cordillera von Merida, nebst bemerkungen uber das karbische gebirge. Geogr. Abhandl. Vol.3. No. 1 – 238. Penck.
- SUTTON, F.A., 1946.** Geology of Maracaibo Basin, Venezuela. American Association Petroleum Geologists Bulletin, 30 (10): 1621-1741. Tulsa.
- TOUSSAINT, J. F.; RESTREPO, J. J.; GONZALES, H., 1992.** Corte geológico cortical en Los Andes Colombianos. U. Nal., Bol. Cienc. Tierra, (11):1-14. Medellín.
- TOUSSAINT, J. F., 1993.** Evolución geológica de Colombia. Precámbrico Paleozoico. U. Nal., 1:1-229. Medellín.

- TOUSSAINT, J. F. y RESTREPO, J. J., 1989.** Acreciones sucesivas en Colombia: Un modelo de evolución geológica. 5 Congr. Col. Geol., Mem., 1:127-146. Bucaramanga.
- VAN DER HAMMEN, T., 1958.** Estratigrafía del Terciario y Maestrichtiano continental y tectogénesis de los Andes Colombianos. Inventario Geológico Nacional. Boletín Geológico, 6 (1-3): 67-128. Bogotá.
- VAN HOUTEN, F. B. y JAMES, H. E., 1984.** Late Cenozoic Guayabo delta complex in South Western Colombia. Geol. Soc. Am. Bull. Mem., 162. Colorado.
- VARGAS, R.; ARIAS, A.; JARAMILLO, L.; TÉLLEZ, N., 1976.** Geología del Cuadrángulo I-13, Málaga. Ingeominas, Bol. Geol., 1981, 24(3):76 p. Bogotá.
- WARD, D. E.; GOLDSMITH, R.; CRUZ, J.; RESTREPO, H., 1973.** Geología de los cuadrángulos H-12, Bucaramanga y H-13, Pamplona. Departamento de Santander. Ingeominas, Bol. Geol., 21, (1-3):1- 132. Bogotá.
- WARD, W., et al., 1973.** Recursos minerales de parte de los departamentos de Norte de Santander y Santander. Ingeominas. Boletín Geológico. Volumen XVIII, No. 3, p.1-140. Bogotá.