



**INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN E INFORMACIÓN GEOCIENTÍFICA,
MINERO – AMBIENTAL Y NUCLEAR**

**MAPA GEOLÓGICO GENERALIZADO
DEL DEPARTAMENTO DE BOLIVAR**
Escala 1:400.000

MEMORIA EXPLICATIVA

Por:

Jose Maria Royero Gutierrez
Jairo Clavijo Torres

Bucaramanga, febrero del 2000

República de Colombia
MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA
INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN E INFORMACIÓN GEOCIENTÍFICA, MINERO-AMBIENTAL Y
NUCLEAR

CENTRO OPERATIVO REGIONAL BUCARAMANGA



Sede Centro Operativo Regional de Bucaramanga

MAPA GEOLÓGICO GENERALIZADO DEL DEPARTAMENTO DE BOLIVAR

Escala 1:400.000

MEMORIA EXPLICATIVA

BUCARAMANGA, FEBRERO DEL 2000

**REPÚBLICA DE COLOMBIA
MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA**

**INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN, INFORMACIÓN GEOCIENTÍFICA,
MINERO-AMBIENTAL Y NUCLEAR**

**INGEOMINAS
CENTRO OPERATIVO REGIONAL BUCARAMANGA**

**MAPA GEOLÓGICO DEL DEPARTAMENTO DE BOLIVAR
ESCALA 1:400.000**

MEMORIA EXPLICATIVA

POR:

**JOSE MARIA ROYERO GUTIERREZ
Y
JAIRO CLAVIJO TORRES**

BUCARAMANGA, NOVIEMBRE DEL 2002

CONTENIDO

	Pàg.
RESUMEN.....	7
1. INTRODUCCIÓN.....	11
1.1 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA.....	11
1.2 FISIOGRAFÍA.....	14
1.3 HIDROGRAFÍA.....	14
1.4 CLIMA.....	14
1.5 VÍAS DE COMUNICACIÓN.....	17
1.6 ACTIVIDADES ECONÓMICAS.....	17
1.7 POBLACIÓN.....	19
2. ESTRATIGRAFÍA.....	20
2.1 REGIÓN SERRANÍA DE SAN LUCAS.....	20
2.1.1 Proterozoico.....	20
2.1.1.1 Rocas metamórficas (Pem).....	22
2.1.2 Mesozoico.....	22
2.1.2.1 Formaciones Sudán y Morrocoyal (TJsm).....	22
2.1.2.2 Formación Noreán (Jn).....	25
2.1.2.3 Granodiorita (Jgd).....	27
2.1.2.4 Granito (Jg).....	27
2.1.2.5 Andesita-Basalto (Jha).....	27
2.1.2.6 Riolita (Jr).....	28
2.1.2.7 Unidad Conglomerática de Arenal (Jsa).....	28

2.2 REGIÓN VALLE MEDIO DEL MAGDALENA.....	29
2.2.1 Mesozoico.....	29
2.2.1.1 Formación Tablazo (Kit)	29
2.2.1.2 Formación Simití (Kis).....	30
2.2.1.3 Formación La Luna (Ksl)	31
2.2.2 Cenozoico	31
2.2.2.1 Grupo Real (Ngr).....	32
2.2.2.2 Depósitos de Llanura Aluvial (Qlal).....	32
2.3 REGIÓN VALLE INFERIOR DEL MAGDALENA	33
2.3.1 Subregión San Jorge – Plato.....	33
2.3.1.1 Sedimentitas Indiferenciadas (Ngs).....	33
2.3.1.2 Depósitos de Llanura Aluvial (Qlal).....	34
2.3.2 Subregión de San Jacinto.....	34
2.3.2.1 Formación Cansona (Ksc)	34
2.3.2.2 Formación San Cayetano (Pgsc).....	35
2.3.2.3 Formación Maco (Pgm).....	37
2.3.2.4 Formación Chengue (Pgch)	38
2.3.2.5 Unidad Arenosa de Mucacal (Pgmu).....	39
2.3.2.6 Formación San Jacinto (Pgsj)	40
2.3.2.7 Formación Carmen (PgNgc).....	41
2.3.2.8 Formación Perdices (Pgp).....	42
2.3.2.9 Formación Rancho (Ngmr).....	43
2.3.2.10 Formación Jesús del Monte (Ngjm)	44
2.3.2.11 Formación Hibácharo (Ngh).....	45
2.3.2.12 Formación Zambrano (Ngz)	46
2.3.2.13 Formación Tubará (Ngt)	47
2.3.2.14 Gravas de Rotinet (Qpr).....	48

2.3.2.15 Depósitos de Llanura Aluvial (Qlal).....	49
2.3.3 Subregión del Sinú.....	49
2.3.3.1 Formación Arjona (PgNga)	50
2.3.3.2 Formación Bayunca (Ngb).....	51
2.3.3.3 Formación Rotinet (Qpr)	52
2.3.3.4 Formación Arroyo Grande (Qpag)	52
2.3.3.5 Formación La Popa (Qpp)	53
2.3.3.6 Depósitos de Llanura Aluvial (Qlal).....	54
3. TECTÓNICA	56
3.1 PROVINCIA DEL MAGDALENA MEDIO	56
3.1.1 Falla Mulatos Morales	56
3.1.2 Falla Aguachica	60
3.1.3 Falla Tamalameque.....	60
3.2 PROVINCIA SAN LUCAS.....	60
3.2.1 Falla Palestina.....	60
3.2.2 Falla Santa Rosa-Coroncoro	61
3.2.3 Falla La Honda	61
3.2.4 Fallas Arenal y La Dorada- La Gloria.....	61
3.2.5 Falla El Piñal	61
3.2.6 Otras fallas	61
3.3 PROVINCIA DE SAN JORGE - PLATO.....	62
3.3.1 Falla Murrucucú.....	62
3.3.2 Lineamiento de Romeral.....	62
3.4 PROVINCIA DE SAN JACINTO.....	63
3.4.1 Anticlinorio de San Jacinto.....	63
3.4.2 Anticlinorio de Luruaco.....	63
3.4.3 Falla El Playón.....	64

3.4.4 Falla de Mandinga	64
3.4.5 Falla de Huamanga	64
3.4.6 Falla Bonga	64
3.4.7 Falla María La Baja	64
3.4.8 Falla de Las Bongas	64
3.4.9 Otras fallas	65
3.4.10 Anticlinal de El Guamo	65
3.4.11 Sinclinal de El Guamo	65
3.4.12 Anticlinal de Arroyo Hondo	65
3.4.13 Sinclinal de Maco	65
3.5 PROVINCIA DEL SINÚ	65
3.5.1 Lineamiento del Sinú	66
3.5.2 Falla Mamonal	66
3.5.3 Falla Henequén	67
3.5.4 Falla Pasacaballos	67
3.5.5 Falla de Rocha	67
3.5.6 Falla de Correa	67
3.5.7 Plegamiento de Turbaco	67
3.5.8 Plegamiento de Barú	68
3.5.9 Volcanes de lodo	68
4. RECURSOS MINERALES	69
4.1.1 Oro - Plata	69
4.1.1.1 Depósitos de oro filoniano	71
4.1.1.2 Depósitos de oro diseminado	71
4.1.1.3 Depósitos de oro aluvial	72
4.2 GRUPO II – METALES BÁSICOS	72
4.2.1 Cobre, plomo y zinc	72

4.3 GRUPO V – MINERALES INDUSTRIALES.....	73
4.3.1 Yeso	73
4.3.2 Roca fosfórica.....	74
4.3.3 Barita y fluorita.....	74
4.3.4 Halita.....	74
4.4 GRUPO VI – MINERALES ENERGETICOS.....	74
4.4.1 Petróleo y gas natural.....	74
4.4.2 Carbón.....	75
4.5 GRUPO VII- MATERIALES DE CONSTRUCCION	75
4.5.1 Calizas.....	75
4.5.2 Chert	76
4.5.3 Arcillas.....	76
4.5.4 Agregados pétreos	77
4.5.5 Recebo	78
4.5.6 Piedras ornamentales	78
4.6 RECURSOS HÍDRICOS	78
5. AMENAZAS GEOLÓGICAS	80
5.1 AMENAZAS POR CONTAMINACIÓN	80
5.2 AMENAZAS POR INUNDACIÓN	80
5.3 AMENAZAS POR EROSIÓN	81
5.4 AMENAZAS POR SISMICIDAD	81
5.5 OTRAS AMENAZAS	82
6. EVOLUCIÓN GEOLÓGICA	84
6.1 PROTEROZOICO	84
6.2 MESOZOICO	84
6.3 CENOZOICO	85
REFERENCIAS.....	86

LISTA DE FIGURAS

1. LOCALIZACIÓN Y DIVISIÓN POLÍTICO ADMINISTRATIVA DEL DEPARTAMENTO DE BOLÍVAR.....	9
2. REGIONES FISIAGRÁFICAS DEL DEPARTAMENTO DE BOLÍVAR ICA.....	11
3. ASPECTOS CLIMÁTICOS DEL DEPARTAMENTO DE BOLÍVAR.....	12
4. DISTRIBUCIÓN USO DEL SUELO EN EL DEPARTAMENTO DE BOLÍVAR	14
5. REGIONES GEOLÓGICAS DEL DEPARTAMENTO DE BOLÍVAR	17
6. CUADRO DE CORRELACIÓN Y NOMENCLATURA DE LAS UNIDADES DEL MESOZOICO Y CENOZOICO DE BOLÍVAR	19
7. CUADRO DE CORRELACIÓN Y NOMENCLATURA DE LAS UNIDADES DEL MESOZOICO Y EL CENOZOICO DE BOLÍVAR	32
8. ESQUEMA TECTONOESTRATIGRÁFICO DEL DEPARTAMENTO DE BOLÍVAR.....	54
9. ESQUEMA ESTRUCTURAL DEL DEPARTAMENTO DE BOLÍVAR (SECTOR NORTE).....	55
10. ESQUEMA ESTRUCTURAL DEL DEPARTAMENTO DE BOLÍVAR (SECTOR SUR)	56
11. LOCALIZACIÓN DE LOS RECURSOS MINERALES DEL DEPARTAMENTO DE BOLÍVAR.....	68
12. MAPA DE SISMICIDAD DEL DEPARTAMENTO DE BOLÍVAR	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

RESUMEN

En el territorio del Departamento de Bolívar afloran rocas metamórficas, ígneas, volcanoclásticas y sedimentarias, cuyas edades abarcan desde el Proterozoico hasta el Holoceno. Las rocas metamórficas (neises cuarzofeldespáticos, hornbléndicos y biotíticos, anfibolitas y posibles granulitas), están presentes al Sur de Bolívar en la Serranía de San Lucas, Cordillera Central, con edad del Proterozoico; las rocas ígneas están conformadas por plutónicas y vulcánitas, que afloran en el Sur de Bolívar y corresponden al Jurásico; las rocas volcanoclásticas (arenitas y lodolitas tobáceas; rocas piroclásticas y efusivas), también están ubicadas en la Serranía de San Lucas, y son de edad jurásica; las rocas sedimentarias están constituidas por arenitas, limolitas, lodolitas, arcillolitas, calizas y conglomerados, agrupados en unidades litoestratigráficas, con edades del Triásico-Jurásico al Neógeno; además, se encuentran grandes depósitos no consolidados del Cuaternario.

El estilo estructural del territorio bolivarense es de fallamiento principalmente en el Sur y plegamiento en el sector Norte, donde se han podido diferenciar cinco provincias tectonoestratigráficas: Provincia Magdalena Medio, San Lucas, San Jorge-Plato, San Jacinto y Sinú, las cuales se caracterizan por dos principales sistemas de fallas principales con direcciones predominantes (SW-NE, SE-NW) y subordinadas (NNE, NS).

Los principales recursos minerales existentes son los metales preciosos (oro y plata), que han colocado al Departamento en los primeros lugares de la producción nacional; además, se destacan otros recursos como: Minerales industriales (yeso, roca fosfórica, barita, fluorita, halita); minerales energéticos (petróleo, gas natural, carbón); materiales de construcción (calizas, chert, arcillas, agregados pétreos, recebo, piedras ornamentales). También existen manifestaciones de metales básicos (cobre, plomo, zinc) de interés económico para futuras exploraciones en la región Sur de Bolívar.

Entre las principales amenazas provocadas por fenómenos naturales en Bolívar, se tiene conocimiento de una sucesión de eventos de deslizamientos, inundaciones, sismos de magnitud entre 1 y 5 grados en la escala de Richter, vientos huracanados, avenidas torrenciales y tempestades; también existen en el Departamento otras amenazas por contaminación (mercurio, cianuro, desechos químicos), tala de bosques e incendios forestales .

1. INTRODUCCIÓN

El Mapa geológico del Departamento de Bolívar hace parte del proyecto “Compilación y análisis de la cartografía geológica de Colombia”, adelantado por Ingeominas con el fin de proporcionar a la comunidad una información clara y sencilla, como herramienta útil para el desarrollo de la región.

La actualización del mapa geológico de Bolívar a escala 1:400.000, es el resultado de la compilación obtenida principalmente por el levantamiento cartográfico de la región Caribe, donde se estudió la geología de la parte Norte del Departamento; la existencia de información bibliográfica de la zona Sur, en donde se utilizaron mapas fotogeológicos de la Serranía de San Lucas y mapas geológicos de las planchas 65 y 75 que cubren parte de esta Serranía; planchas del Atlas Geológico de Colombia, y los correspondientes estudios de suelos de la región.

Con el mapa geológico de Bolívar, se pretende entregar un documento orientado a las autoridades regionales y a la comunidad en general, con el fin de alcanzar un fin social y económico; además, este mapa puede ser utilizado en futuros estudios de zonificación de amenazas geológicas, ubicación de zonas inestables, en la búsqueda y aprovechamiento de recursos minero-energéticos y en la construcción de obras civiles.

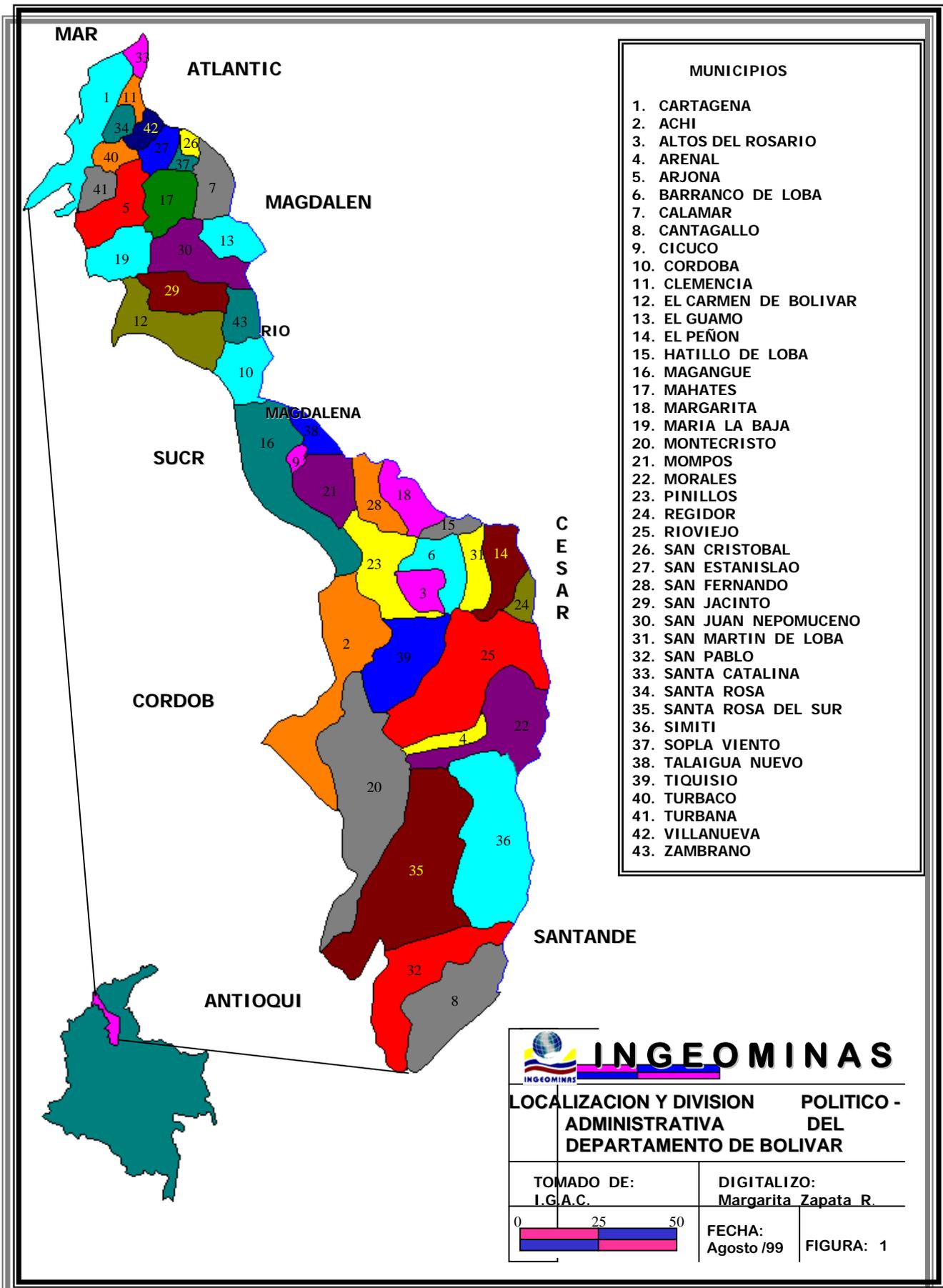
En la memoria explicativa del mapa geológico del Departamento de Bolívar, se describen las unidades litoestratigráficas existentes, la tectónica del territorio con sus estructuras geológicas como fallas y pliegues; además, de los recursos minerales, los cuales pueden ayudar al desarrollo económico de la región.

1.1 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA

El Departamento de Bolívar se encuentra localizado en la parte Norte del país, en la Costa Caribe, entre 7° 10' y 10° 48' de latitud Norte y los 73° 45' y 75° 43' de longitud al Oeste de Greenwich; con una extensión territorial de 25.978 Km² (IGAC, 1996).

Limita al Norte con el Mar Caribe; por el Oriente con los departamentos de Atlántico, Magdalena, Cesar y Santander; por el Sur con el Departamento de Antioquia, y por el Occidente con los departamentos de Antioquia y Sucre. Actualmente está conformado

política y administrativamente, por 43 municipios, (Figura 1), 348 corregimientos, 3 inspecciones de policía y numerosos caseríos.



- MUNICIPIOS**
1. CARTAGENA
 2. ACHI
 3. ALTOS DEL ROSARIO
 4. ARENAL
 5. ARJONA
 6. BARRANCO DE LOBA
 7. CALAMAR
 8. CANTAGALLO
 9. CICUCO
 10. CORDOBA
 11. CLEMENCIA
 12. EL CARMEN DE BOLIVAR
 13. EL GUAMO
 14. EL PEÑON
 15. HATILLO DE LOBA
 16. MAGANGUE
 17. MAHATES
 18. MARGARITA
 19. MARIA LA BAJA
 20. MONTECRISTO
 21. MOMPOS
 22. MORALES
 23. PINILLOS
 24. REGIDOR
 25. RIOVIEJO
 26. SAN CRISTOBAL
 27. SAN ESTANISLAO
 28. SAN FERNANDO
 29. SAN JACINTO
 30. SAN JUAN NEPOMUCENO
 31. SAN MARTIN DE LOBA
 32. SAN PABLO
 33. SANTA CATALINA
 34. SANTA ROSA
 35. SANTA ROSA DEL SUR
 36. SIMITI
 37. SOPLA VIENTO
 38. TALAIGUA NUEVO
 39. TIQUISIO
 40. TURBACO
 41. TURBANA
 42. VILLANUEVA
 43. ZAMBRANO

INGEOMINAS

LOCALIZACION Y DIVISION POLITICO-ADMINISTRATIVA DEL DEPARTAMENTO DE BOLIVAR

TOMADO DE: I.G.A.C.	DIGITALIZO: Margarita Zapata R.
	FECHA: Agosto /99
FIGURA: 1	

1.2 FISIOGRAFÍA

Fisiográficamente el territorio bolivarense está dividido en tres regiones diferentes (Figura 2):

- **Zona de colinas bajas o región deltaica magdalenense.** Está ubicada al Noroccidente del Departamento, comprende las tierras afectadas por la desembocadura del Río Magdalena, de relieve ondulado a quebrado. El Canal del Dique, la subdivide en dos sectores: el occidental que comprende la faja costera y las colinas bajas o estribaciones de la Serranía de San Jacinto; el sector oriental corresponde a la Serranía de San Jacinto con alturas hasta de 500 m sobre el nivel del mar (m.s.n.m.).

- **Planicies inundables o región de la depresión momposina.** Es la región más cenagosa e inundable del país por la gran cantidad de brazos, caños, ciénagas y pantanos, formados por los ríos Magdalena, Cauca y San Jorge.

- **Zona montañosa.** Se localiza al Sur del Departamento, está formada por las estribaciones septentrionales de la Cordillera Central, conocida como Serranía de San Lucas, con alturas que sobrepasan los 1.600 m.s.n.m.

1.3 HIDROGRAFÍA

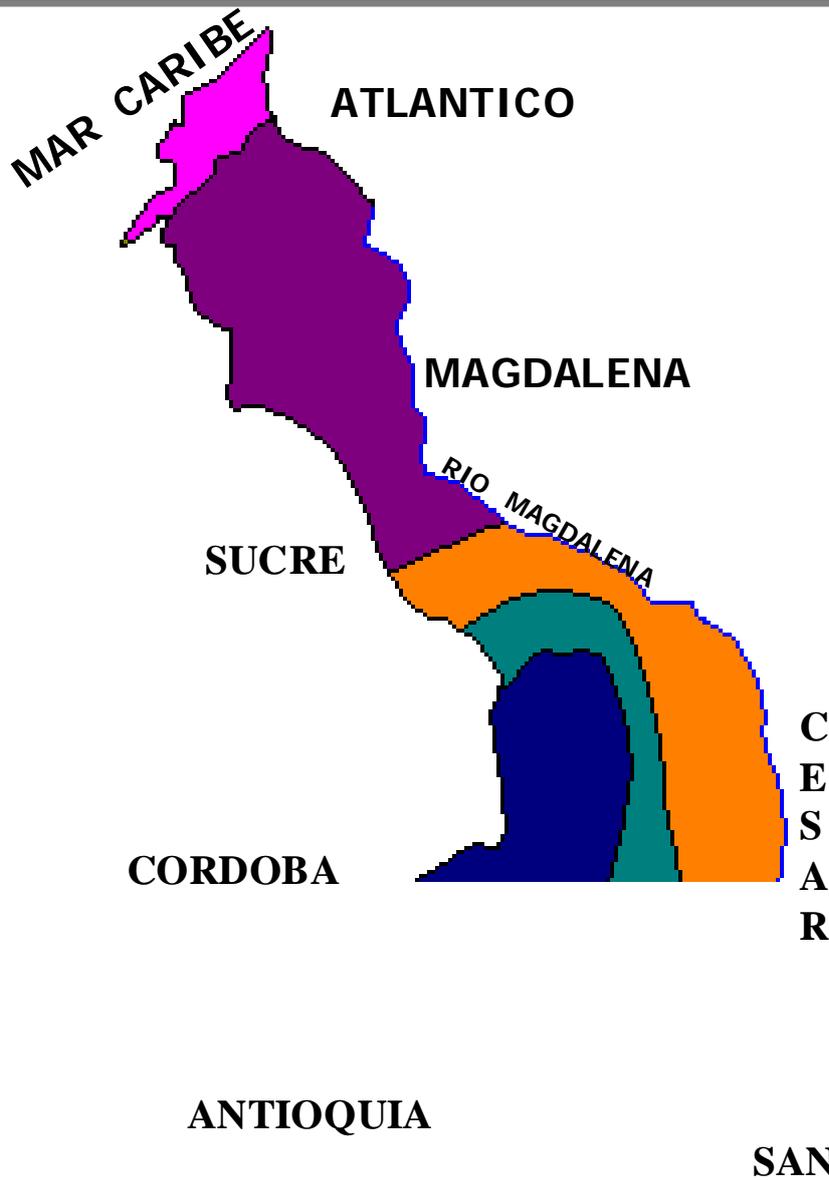
Los recursos hidrográficos del Departamento de Bolívar están constituidos principalmente por el Río Magdalena, el cual baña el territorio en toda su extensión de Sur a Norte, y sus grandes afluentes, como son los ríos Cauca y San Jorge. En el sector Norte se desprende el Canal del Dique, que es una importante arteria fluvial para el transporte, la pesca y sistemas de riesgos para diversidad de cultivos. Otras corrientes de menor importancia en el Departamento, son los ríos Cimitarra, Simití y Tigüi; los brazos de Loba, Mompós, Morales, Papayal, Quitasol y Simití, y los caños Chicagua, Guataca, Mono y Violo, entre otros. También se encuentran numerosas ciénagas y lagunas.

1.4 CLIMA

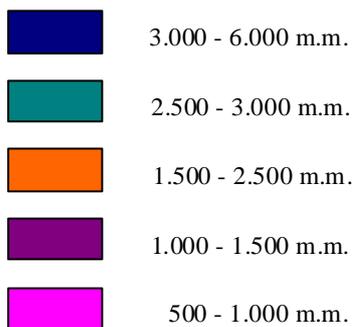
El clima predominante en la mayor parte del Departamento es el tropical, con temperaturas del orden de los 26° a 30° C. Las lluvias aumentan de Norte a Sur, pasando de menos de 800 mm anuales en la región de Cartagena a más de 3.000 mm en la Serranía de San Lucas (IGAC, 1982). En la Figura 3 se presenta la distribución de la precipitación media anual en el Departamento (IGAC, 1982). En general las lluvias se encuentran bajo el influjo de los vientos alisios del Noreste. En el Departamento hay dos períodos lluviosos (abril-junio y



<p>CONVENCIONES</p> <p> Zona de colinas</p> <p> Planicies</p> <p> Zona</p>	 INGEOMINAS	
	<p>REGIONES FISIOGRAFICAS DEL DEPARTAMENTO DE BOLIVAR</p>	
<p>TOMADO IGAC</p>	<p>DIGITALIZADO Por: Margarita Zapata</p>	
<p>0 25 50 km.</p> 	<p>Fecha: Mayo 1999</p>	<p>Figura 2</p>



**PRECIPITACION
MEDIA ANUAL**



I N G E O M I N A S

**ASPECTOS CLIMATICOS DEL
DEPARTAMENTO DE BOLIVAR**

TOMADO DE:
I.G.A.C.

DIGITALIZADO POR:
Margarita Zapata R.

Escala 0 25 50 Km.



FECHA:
Mayo /99

FIGURA: **3**

agosto-octubre) y dos temporadas secas (noviembre-marzo y junio-julio). La mayoría del territorio bolivarense se encuentra comprendido en el piso térmico cálido, es cálido y seco al Norte y cálido y húmedo al Sur, aunque templado en las partes más altas en la Serranía de San Lucas.

1.5 VÍAS DE COMUNICACIÓN

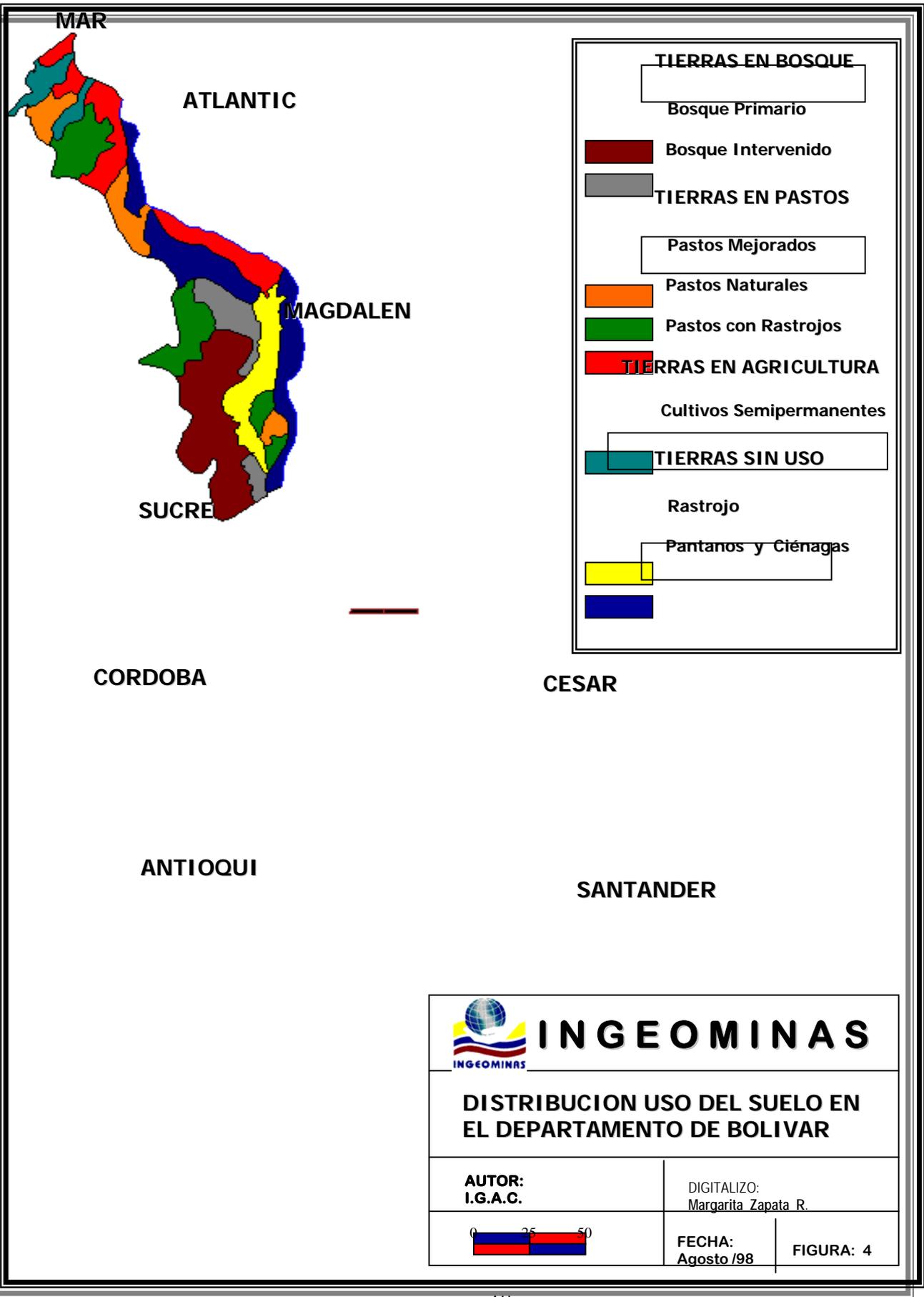
La red vial está conformada por la carretera Troncal del Occidente que recorre el territorio departamental, pasando por los municipios de Carmen de Bolívar, San Jacinto, San Juan de nepomuceno, Arjona, Turbaco y Cartagena; de esta vía principal se desprenden ramales que conectan a Magangué, Zambrano, Calamar, Mahates, María La Baja y Tubará.

La carretera de La Cordialidad une a Cartagena con Barranquilla, pasando por Santa Catalina, con ramales en Santa Rosa, Villanueva y San Estanislao. El principal medio de comunicación de numerosas poblaciones del Departamento es el fluvial, a través de los ríos Magdalena, Cauca y San Jorge, del Canal del Dique de los numerosos brazos, caños y ciénagas. Cartagena, la capital del Departamento, es considerada un importante puerto marítimo sobre el Caribe. Cartagena, Magangué, Carmen de Bolívar y San Pablo disponen de servicio aéreo.

1.6 ACTIVIDADES ECONÓMICAS

El mayor desarrollo industrial del Departamento de Bolívar se encuentra en Cartagena, donde hay instalaciones para la producción de agroquímicos, plásticos y sus derivados, alimentos y bebidas, industria petroquímica y de la construcción. El área industrial más desarrollada de esta ciudad se encuentra en Mamonal. Una actividad económica de gran auge en los últimos años ha sido la construcción, incentivada por el desarrollo turístico e industrial de la ciudad. Por el puerto marítimo hay un intenso comercio exterior, especialmente por la importación de materia prima y exportación de bienes terminados. En el sector de la minería del Departamento, hay un auge en la explotación de oro y plata de filón y aluvión, aunque la extracción se realiza de manera artesanal y antitécnica, la producción ha superado los cinco millones de gramos de oro y los dos millones de gramos de plata (fuentes: Ministerio de Minas y Energía, Banco de la República); también aunque en pequeña escala, se explota petróleo y gas natural.

El Departamento de Bolívar es fundamentalmente agrícola y ganadero. En la Figura 4 se muestra la distribución y uso del suelo en el Departamento de Bolívar (IGAC, 1982). En las actividades agrícolas se destacan los cultivos de sorgo, fríjol, plátano, maíz, arroz y yuca. La ganadería es una de las actividades más importantes y la población se estima en 999.980 cabezas de ganado vacuno (IGAC, 1996).



INGEOMINAS

DISTRIBUCION USO DEL SUELO EN EL DEPARTAMENTO DE BOLIVAR

AUTOR:
I.G.A.C.

DIGITALIZO:
Margarita Zapata R.



FECHA:
Agosto /98

FIGURA: 4

1.7 POBLACIÓN

Según el Censo Nacional de 1993, la población del Departamento de Bolívar era de 1.702.188 habitantes (DANE, 1996), de los cuales 747.390 (47.8%) de la población del Departamento corresponden a Cartagena de Indias. La mayoría de los poblamientos humanos se ha formado en las márgenes de los grandes ríos. Los principales centros urbanos son Cartagena, Mompós, Arjona, San Jacinto, Turbaco y Carmen de Bolívar.

A la llegada de los conquistadores españoles, la región estaba habitada por indígenas de la familia Caribe, destacándose la tribu Turbacos Pedro de Heredia arribó en 1533 al Puerto de Cartagena, llamada por los indígenas Calamary y después de reñidos combates con los indígenas, pudo fundar la ciudad de Cartagena. Bolívar es uno de los departamentos más antiguos del país.

ESTRATIGRAFÍA

En el presente capítulo se describen, en forma generalizada, las unidades litoestratigráficas existentes en el Departamento de Bolívar, utilizándose la nomenclatura indicada en el mapa geológico. La base cartográfica y la información geológica provienen de los estudios geológicos de las planchas 23, (REYES et al., 1995), 24 (REYES y ZAPATA., 1996), 30 (REYES et al., 1994), 31 (REYES et al., 1997), 37 (GUZMÁN et al., 1995) y 38 (DUQUE – CARO et al., 1991), realizados en el Proyecto de la Región Caribe; del Atlas Geológico Digital de Colombia, planchas 5-04 y 5-06 (INGEOMINAS, 1997); de la fotogeología en las planchas 85 y 96, y de investigaciones geológicas realizadas de las planchas 65 (ROYERO, 1994) y 75 (CLAVIJO, 1995), en el sector nororiental de la Serranía de San Lucas.

En el área del Departamento de Bolívar afloran rocas ígneas, metamórficas, volcanoclásticas y sedimentarias, cuyas edades varían del Proterozoico al Holoceno. Estas rocas están agrupadas y representadas por unidades litoestratigráficas ampliamente distribuidas en tres regiones con características geológicas diferentes en que ha sido dividido el territorio bolivarense, las cuales se han denominado como: Serranía de San Lucas (Cordillera Central), Valle Medio e Inferior del Magdalena. La región del Valle Inferior del Magdalena se encuentra conformada por las subregiones de San Jorge- Plato, de San Jacinto y del Sinú (Figura 5). La descripción de las unidades presentes en cada una de estas regiones, se realiza de más antigua a más joven.

2.1 REGIÓN SERRANÍA DE SAN LUCAS

2.1.1 Proterozoico

Rocas de esta edad constituyen el basamento de la Serranía de San Lucas (Cordillera Central). El tectonismo y la erosión han expuesto estas rocas en franjas en el sector occidental de la Serranía y en forma de ventanas pequeñas en sus estribaciones nororientales.



2.1.1.1 Rocas metamórficas (Pem)

Estas rocas fueron descritas al Sur de la Serranía de San Lucas como Neises cuarzo-feldespáticos (FEININGER et al., 1972) y formalmente como Neises cuarzo-feldespático de San Lucas (GONZÁLEZ, 1997). También han sido denominadas informalmente como Neis de San Lucas por Royero (1994) en el sector nororiental de la Serranía de San

Esta unidad metamórfica en el costado occidental de la Serranía se presenta fallada e intruida por rocas plutónicas (granodioritas, granitos, cuarzodioritas), mientras en el sector nororiental, se encuentra en contacto discordante y fallado con rocas de la Unidad volcanoclásticas de Noreán (ROYERO et al., 1994; ROYERO, 1994; CLAVIJO et al., 1994; CLAVIJO, 1995).

Las rocas metamórficas de la Serranía de San Lucas representan la prolongación más septentrional de las rocas metamórficas de posible edad proterozoica, descritas por Feininger et al. (1972) al Sur de la Serranía (Cordillera Central). Martínez (1981) hace referencia de una datación radiométrica de en rocas del basamento de la Serranía que corresponde al Proterozoico. Feininger et al., (1972) a igual que Bogotá y Aluja (1981) consideran estas rocas como proterozoicas y las comparan litológicamente con las rocas proterozoicas descritas por Tschanz et al., (1969) en la Sierra Nevada de Santa Marta. También pueden ser correlacionables con el Neis de Bucaramanga (WARD et al., 1973).

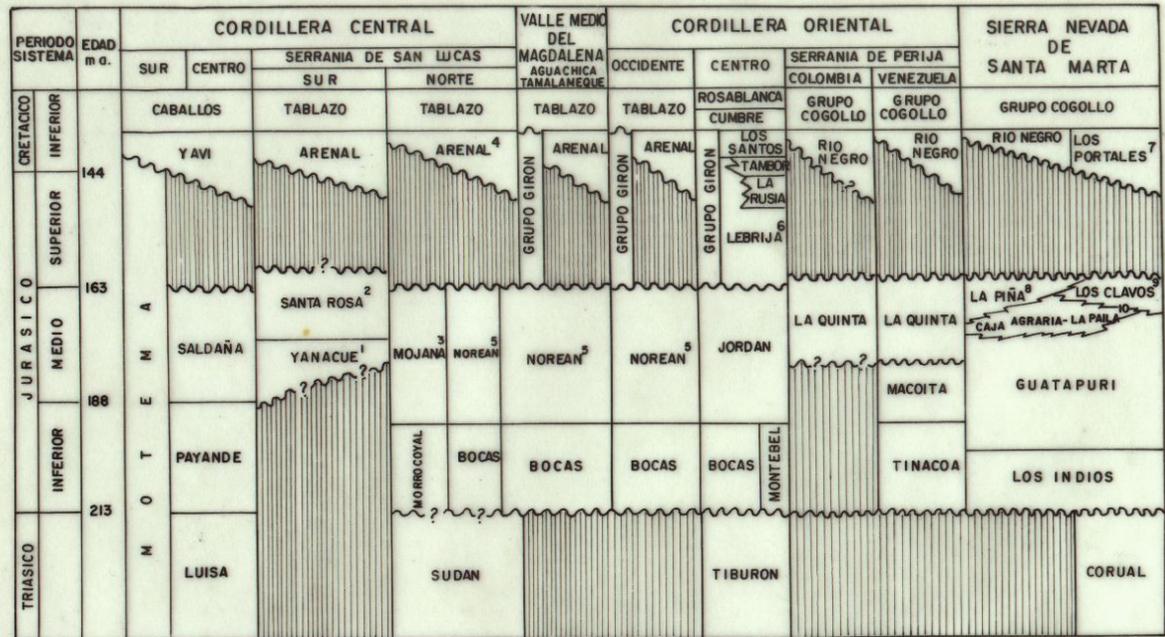
2.1.2 Mesozoico

Las rocas de edad mesozoica se distribuyen a lo largo de la Serranía de San Lucas, donde ocupan grandes extensiones y corresponden a sedimentitas con aporte volcánico; rocas volcanoclásticas, plutónicas, volcánicas y sedimentarias, con edades comprendidas entre el Triásico y Jurásico.

En la Figura 6 se muestra el cuadro de correlación y nomenclatura de las unidades del Mesozoico de Colombia y Venezuela.

2.1.2.1 Formaciones Sudán y Morrocoyal (TJsm)

En el mapa geológico se utiliza esta nomenclatura para agrupar las formaciones Sudán y Morrocoyal, descritas por Geyer (1969, 1982) en el sector del Corregimiento El Sudán y La Ciénaga Morrocoyal al Noroccidente de la Serranía de San Lucas, debido a la difícil representación cartográfica de cada unidad a la escala del mapa geológico.



CONVENCIONES

- Hiato
- Cambio de facies
- Discontinuidad estratigrafica
- 1-10 Unidades informales en proceso de formalización

FUENTES

- Tschanz, et al. (1969)
- Etayo et. al. (1969)
- Maze (1984)
- Kellogg (1984)
- González et. al. (1988)
- Clavijo et. al. (1994)
- Royero (1994)

INGEOMINAS

UNIDAD OPERATIVA DE BUCARAMANGA

CUADRO DE CORRELACION Y NOMENCLATURA DE LAS UNIDADES DEL MESOZOICO DE COLOMBIA Y VENEZUELA.

AREA DE GEOLOGIA	Tomado de Clavijo(1995)
Dibujó: Luz Stella Tello P	JUNIO /99 Fig: 6

• **Formación Sudán.** Fue descrita por Geyer (1982) en su localidad tipo, que se encuentra en la Cuchilla y Quebrada La Mojana, al Noroccidente del Corregimiento de El Sudán, Municipio de Pinillos (Bolívar).

La Formación Sudán en su miembro inferior está constituida por areniscas conglomeráticas rojizas, en capas de hasta 1 m de espesor, algunas con estratificación cruzada, grano medio a grueso, moderadamente calibradas, submaduras, con cuarzo predominante y feldespatos en menor proporción; granos en contacto suturado a cóncavo-convexo, con cemento silíceo. El espesor de este miembro es aproximadamente de 30 m.

El miembro superior está conformado por un paquete de conglomerados rojizos a gris rojizos, con guijos subangulosos a subredondeados con diámetro de 10-15 cm, derivados de rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias, con matriz areno-gravosa, soportada por cemento ferruginoso. Se presentan capas de espesores muy gruesos y sus contactos son planos y bien definidos. El espesor aproximado de este miembro es de 150 m.

La presencia de estratificación cruzada en capas del miembro inferior puede indicar condiciones subaéreas de depositación con el accionar de vientos dirigidos, así como el predominio de coloración rojiza de los sedimentos y la ausencia de restos orgánicos son características de capas rojas originadas en ambientes desérticos o semidesérticos cálidos, según Visher, 1967 (en GARCIA y PINEDA, 1993). El contacto inferior es fallado con la Formación Noreán (CLAVIJO, 1997) y el superior es probablemente continuo con la Formación Morrocoyal (GEYER, 1969).

Geyer (1982) le asignó una edad del Triásico, con base en las relaciones estratigráficas, ya que se encuentra suprayacida concordantemente por la Formación Morrocoyal del Jurásico inferior (Liásico) y la correlaciona con la Formación Luisa (CEDIEL et al., 1980, 1981), del Valle Superior del Magdalena.

• **Formación Morrocoyal.** Esta unidad litoestratigráfica fue descrita por Geyer (1969), su localidad tipo es la misma asignada a la Formación Sudán, descrita por este autor, en el Noroccidente de la Serranía de San Lucas, donde se encuentran sus mejores afloramientos.

La Formación Morrocoyal presenta un miembro inferior constituido por capas de hasta 50 cm de espesor, bien estratificadas, en contactos ligeramente ondulados de areniscas, de color gris amarillento a verdoso, de grano fino a muy fino y limolitas, bien calibradas, maduras, con cuarzo y mica, granos en contacto tangencial y longitudinal, cementadas por sílice. En la parte media de este miembro se intercala un nivel de arcillolitas grises oscuras, con fósiles de amonitas y cuyo espesor es de 1.5 m.

En el miembro superior predominan arcillolitas calcáreas, fosilíferas, de color gris oscuro a marrón rojizo, con estratificación delgada, en capas de hasta 10 cm de espesor, algunas de

éstas contienen restos de plantas fósiles. Presenta un alto contenido fosilífero, con conchillas de bivalvos, impresiones de amonitas, además se encuentran corales, serpúlidos, erizos de mar y lamelibránquios. En la zona media y cerca al tope se intercalan dos niveles de caliza micrítica, de color gris verdoso, estériles con espesores de 3 y 5 m. En la parte superior de esta secuencia se presentan algunas intercalaciones de rocas volcánicas, principalmente tobas. El espesor de este miembro es de 60 m.

Por el predominio de formas bentónicas y semipelágicas, donde se encuentran las amonitas asociadas con lamelibránquios y la presencia de restos de plantas fósiles, las condiciones de depositación corresponden a aguas someras, donde la línea de costa cercana (GEYER, 1969).

El contacto inferior, según Geyer (1969), es concordante con la Formación Sudán, infrayacente, mientras el contacto superior es neto concordante con la Formación Noreán del Jurásico inferior a medio que la suprayace (CLAVIJO, 1997).

Con base en estudios paleontológicos Geyer (1969), le asigna una edad del Sinemuriano inferior correspondiente al Jurásico inferior (Liásico) y considera la Formación Morrocoyal como el equivalente estratigráfico-facial de la Formación Saldaña (CEDIEL et al., 1980, 1981).

2.1.2.2 Formación Noreán (Jn)

Está constituida por una secuencia volcanoclástica que aflora extensamente en el sector centro-oriental de la Serranía de San Lucas al Sur de Bolívar. Clavijo (1995) utilizó el término de Unidad Volcanoclástica de Noreán, cuya localidad tipo se ubica en los alrededores del caserío de Noreán a 1 Km al Nororiente de Aguachica, Cesar, en la Plancha 75. Clavijo (1997) propuso que fuera elevada al rango de Formación Noreán.

En la región de la Serranía de San Lucas la megasecuencia de la Formación Noreán se encuentra bien estratificada, con dirección preferencial NE y ángulos de buzamientos suaves (10°-15°), con inclinación al SE. La naturaleza volcánica de esta unidad determina una geometría lenticular principalmente, produciéndose por tanto interdigitaciones frecuentes entre los conjuntos que la conforman (CLAVIJO, 1995 : ROYERO, 1994;).

La Formación Noreán en la Serranía de San Lucas se ha dividido en cuatro conjuntos, cuya descripción se hace de más antiguo a más joven.

- **Conjunto Efusivo-Brechoide de Conducto.** Está compuesto por lava-brecha de conducto, de coloración gris verdosa, con cristales y fragmentos líticos angulares, de composición andesítico-dacítica.

- **Conjunto Piroclástico-Epiclástico.** Constituido por tobas líticas y cristalinas, de coloración rojo grisáceas, grises y gris verdosas, de composición riodacítica, cuarzolítica, dacítica y andesítica; interpuestas con flujos lávicos abigarrados de la misma composición; epiclastitas y algunas capas aisladas de chert.

- **Conjunto Efusivo-Piroclástico Dacítico.** Comprende lavas abigarradas, de composición dacítica, riodacítica y cuarzolítica, porfíricas; interpuestas con algunas capas de tobas, limolitas tobáceas y chert volcánico.

- **Conjunto Hipoabisal Andesítico.** Este conjunto se compone de rocas hipoabisales de color verde grisáceo, de composición andesítica y dacítica. Texturalmente son rocas porfíricas y en algunos sectores afaníticas, los fenocristales (1 -3 mm) son plagioclasa, piroxeno, biotita y esporádicamente cuarzo y feldespato potásico, además presentan sulfuros.

Las facies de la Formación Noreán indican sedimentación continental-epicontinental influenciada fuertemente por un volcanismo predominantemente explosivo, de composición andesítico-dacítica, de intensidad fluctuante. Según Clavijo (1995) el volcanismo es aéreo en algunos sectores y subaéreos en otros (depósitos “Surge”, presencia de algas en chert).

La Formación Noreán en la localidad tipo (CLAVIJO, 1995), suprayace, en contacto transicional, a la Formación Bocas del Jurásico inferior (REMY, et al., 1975) e infrayace en discontinuidad estratigráfica (discordancia) a la Formación Tablazo. En la Serranía de San Lucas, la Formación Noreán se presenta suprayaciendo concordantemente a la Formación Morrocoyal (GEYER, 1969) e infrayace en discontinuidad estratigráfica a la Formación Tablazo y a la Unidad Conglomerática de Arenal considerada tentativamente del Jurásico superior (CLAVIJO, 1995); además, en diferentes sectores de la Serranía está intruida y fallada por cuerpos plutónicos; en otros aparece en inconformidad sobre rocas metamórficas del Proterozoico y en contacto fallado con rocas sedimentarias del Neógeno (KASSEM y ARANGO, 1977; BOGOTA y ALUJA, 1981; BALLESTEROS, 1983).

La edad de la Formación Noreán se ha establecido indirectamente, con base en sus relaciones estratigráficas con las unidades adyacentes, entre el Jurásico inferior y medio. La única evidencia paleontológica encontrada es un molde de hoja fósil que indica según Moreno, (en CLAVIJO, 1995) una edad no más antigua que el Jurásico inferior. La Formación Noreán se puede comparar con una sucesión de capas rojas que afloran en las planchas 66 y 76, cartografiadas por Daconte y Salinas (1980) como Formación Jordán (CEDIEL, 1968; WARD et al., 1973) de edad Jurásico inferior. Es comparable con la Formación La Mojana en la Serranía de San Lucas de edad Jurásico inferior (GEYER, 1982), la cual no cuenta con una descripción litoestratigráfica completa ni con una sección tipo; también es correlacionable con la parte volcanoclástica de la Formación Guatapurí (TSCHANZ et al., 1969); igualmente es equivalente a la subunidad D2 descrita por Bayer

et al. (1973) en el extremo Norte del Macizo de Santander. Litológicamente se correlaciona con la Formación Saldaña (CEDIEL et al., 1980, 1981) considerada del Jurásico inferior (MOJICA y MACIA, 1988) y probable la correspondencia parcial litológica con las ignimbritas de La Piña, La Paila y Caja de Ahorros (TSCHANZ et al., 1969).

2.1.2.3 Granodiorita (Jgd)

Corresponde a la prolongación Norte de la unidad descrita por Feininger et al. como Dioritas y por Alvarez (1983) y González (1996) como Batolito de Segovia, en la región oriental de Antioquia, donde su composición predominante es diorítica con variación a granodiorita y granito. Es la unidad que ocupa la mayor extensión en la región Centro-occidental de la Serranía de San Lucas con dirección N-S y corresponde al denominado Batolito de Norosí (BOGOTA y ALUJA, 1981; BALLESTEROS, 1983). Composicionalmente se clasifican como granodioritas, de color gris a gris rosado, textura fanerítica de grano fino, mediano a grueso, constituidos por plagioclasa, cuarzo, feldespato potásico, anfíbol, piroxenos y biotita. La granodiorita presenta variedades a cuarzodiorita, de color gris oscuro, cuarzomonzonita gris rosada, granito rosado y a tonalita gris.

Este cuerpo granodiorítico o Batolito de Norosí intruye rocas volcánicas de la Formación Noreán, lo que indica una edad post-volcánica. No se cuenta con registros radiométricos; sin embargo, hacia el Sur en el Batolito de Segovia (Cordillera Central) que contiene rocas semejantes y edad de 160 m.a., permiten ubicarla en el Jurásico superior (FEININGER et al., 1972; ALVAREZ, 1983). Presenta mineralización de oro, plata y sulfuros como pirita, calcopirita, galena y esporádicamente blenda.

2.1.2.4 Granito (Jg)

Como la anterior representa una variación más ácida de la unidad descrita por Feininger et al. (1972); Alvarez (1983) y González (1996), al Sur de la Serranía de San Lucas en territorio antioqueño. Esta unidad aflora en pequeños cuerpos o stocks en el extremo nororiental de la Serranía de San Lucas. El granito es de color rosado a rosado grisáceo, de grano mediano a grueso hacia la periferia varía a fino, textura fanerítica a porfirítica. Localmente presenta variaciones a cuarzomonzonita y granodiorita; está compuesto por feldespato potásico, plagioclasa, cuarzo, anfíbol y biotita. Por estar intruyendo rocas de la Formación Noreán, se le atribuye una edad del Jurásico superior.

2.1.2.5 Andesita-Basalto (Jha)

Aflora en cuerpos muy pequeños en forma de apófisis cubiertos por depósitos cuaternarios al Nororiente de la Serranía de San Lucas. Consiste de una roca volcánica de color gris a verde oscuro de composición intermedia a básica y textura afanítica, clasificada como andesita-basalto. A esta unidad se le ha asignado tentativamente edad del Jurásico

superior, ya que en algunos sectores la unidad intruye rocas volcanoclásticas de la Formación Noreán de Jurásico inferior – medio.

2.1.2.6 Riolita (Jr)

Unidad conformada por pequeños cuerpos, que varían entre 2 y 5 Km², aflora en las estribaciones nororientales de la Serranía de San Lucas. Consiste de domos y flujos lávicos estrechamente relacionados. Los primeros son los cuerpos de menor extensión y se caracterizan por una textura porfirítica predominante; sus componentes son feldespatos potásico, cuarzo y biotita. Los segundos son de mayor extensión, presentan estructuras de flujo y en algunos sectores están laminados; su composición es similar a los domos y su color varía de rosado a gris crema. Generalmente estos cuerpos se encuentran asociados con las rocas efusivas brechoideas de conducto con las cuales forman edificios volcánicos, algunos los cuales se conservan en la actualidad.

No existen dataciones radiométricas de esta unidad, por tanto se le ha asignado tentativamente una edad del Jurásico superior (CLAVIJO, 1995); pero se pueden considerar de la misma edad que la de la Formación Norean.

2.1.2.7 Unidad Conglomerática de Arenal (Jsa)

Es una unidad informal de rango de formación, descrita por Clavijo (1995) en los alrededores del Corregimiento de Arenal, Municipio de Morales, en el sector nororiental de la Serranía de San Lucas en el Sur de Bolívar, donde se encuentra su localidad tipo (camino Arenal - La Dorada) y su extensión es pequeña, limitada a dos áreas muy restringidas.

En la localidad tipo, Sección Arenal -La Dorada, la unidad se ha dividido en tres conjuntos litológicos que se describen de más antiguo a más joven.

Conjunto inferior A. Constituido por una alternancia de capas gruesas y muy gruesas de arenitas conglomeráticas y conglomerados. Las arenitas conglomeráticas son rojo grisáceas a verde grisáceas, líticas, de grano grueso a guijo, granos subangulares y angulares, varían en composición a arenitas tobáceas en capas gruesas. Los conglomerados están interpuestos con las arenitas, son granosoportados líticos, con fragmentos subangulares y angulares de rocas volcánicas. El espesor de este conjunto es de 58 m.

Conjunto intermedio B. Consta de lodolitas-shales y arenitas conglomeráticas alternadas entre sí, en capas muy gruesas. Las lodolitas representan el 70% del conjunto, son de color violeta grisáceo. Las arenitas conglomeráticas son de grano grueso a guijo, granos angulares, derivados de lavas y tobas; composicionalmente son arenitas líticas volcánicas. Este conjunto tiene un espesor de 37 m.

Conjunto superior C. Está constituido por conglomerados, en capas muy gruesas con intercalaciones de lodolitas. Los conglomerados son granosoportados, de grano grueso a guijarro, granos subredondeados a subangulares; son conglomerados líticos volcánicos, en capas muy gruesas. Las lodolitas son físilas, de color violeta grisáceo, en capas gruesas y muy gruesas. Hacia la parte alta contiene una capa de tobas cristalinas. El espesor del conjunto es de 83 m. El espesor total de la unidad es de 182 m.

Las características texturales, estructurales y composicionales de la Unidad Conglomerática de Arenal, sugieren condiciones ambientales semejantes a las que controlan la formación de abanicos aluviales, según Reading, Galloway y Hobday (en CLAVIJO, 1995).

La edad de esta unidad se ha establecido indirectamente como del Jurásico superior con base en sus relaciones estratigráficas con las unidades adyacentes. Sus contactos inferior y superior son de discontinuidad estratigráfica con la Formación Noreán del Jurásico inferior-medio, y con la Formación Tablazo del Cretácico inferior, respectivamente.

Esta unidad es correlacionable con las formaciones Río Negro y Los Portales en la Sierra Nevada de Santa Marta (TSCHANZ et al., 1969), con el miembro Tambor del Grupo Girón en el Valle Medio del Magdalena (ETAYO, 1989) y con la Formación Yaví en el Valle Superior del Magdalena (MOJICA y MACIA, 1981).

2.2 REGIÓN VALLE MEDIO DEL MAGDALENA

Esta región se encuentra localizada al Oriente de la Serranía de San Lucas en suroriente del Departamento de Bolívar. Se trata de una franja de dirección NE-SW a N-S, donde afloran rocas sedimentarias de edad cretácica y neógena y depósitos cuaternarios de llanura aluvial.

2.2.1 Mesozoico

Rocas de edad mesozoica afloran en el borde occidental de la cuenca del Valle Medio del Magdalena en Bolívar, allí las unidades litoestratigráficas se encuentran en franjas angostas de dirección N-S y están representadas por las formaciones Tablazo, Simití y La Luna de edad cretácica.

2.2.1.1 Formación Tablazo (Kit)

Unidad definida por Wheeler (en Morales et al., 1958), quien le asignó la localidad tipo en la Vereda El Tablazo, Municipio de Betulia, Santander. Aflora en la margen occidental de la cuenca sedimentaria del Valle Medio del Magdalena en los sectores oriental y suroriental de la Serranía de San Lucas; forma mesetas de pendientes suaves y algunos escarpes fuertes; el rumbo es N-S y presenta buzamientos entre 5° y 10° al Oriente.

La unidad se compone de calizas biomicríticas y bioesparíticas grises, que alternan con lodolitas calcáreas con abundantes restos fósiles de bivalvos y gasterópodos que le dan aspecto de lumaquelas. Se disponen en capas medianas y gruesas, plano-paralelas; internamente presentan laminación ondulosa paralela, parcialmente visible; intercalaciones de lodolitas grises con laminación plana paralela y areniscas grises, grano fino a medio, calcáreas y bien estratificadas, en capas medianas: Hacia la parte alta de la secuencia las calizas se tornan arenosas. En la base se presentan arenitas conglomeráticas y conglomerados. El espesor de esta unidad varía entre 130 y 200 m (CLAVIJO, 1995).

La Formación Tablazo descansa inconformemente sobre la Formación Noreán y en paraconformidad sobre la Unidad Conglomerática de Arenal. El contacto superior es concordante con la Formación Simití.

Morales et al. (1958) consideran esta unidad Aptiano superior - Albiano inferior. Langston y Durham (en ETAYO et al., 1969) encontraron fauna del Barremiano medio a superior en el área de Simití-Morales. Lo anterior permite considerar una edad del Barremiano-Albiano para esta unidad. Autores como Hubach (1957), Julivert (1958) y Julivert et al. (1968), correlacionan la Formación Tablazo con la Formación San Gil Inferior en Santander (ETAYO, 1968).

2.2.1.2 Formación Simití (Kis).

Esta unidad fue definida por los geólogos de Intercol (en HUBACH, 1957; MORALES et al., 1958). Su nombre procede de la Ciénaga de Simití, donde se encuentra su localidad tipo. Aflora en el costado occidental del Valle Medio del Magdalena bolivarenses al Oriente de la Serranía de San Lucas, donde forman pequeñas franjas delgadas de rumbo N-S y NNW, con buzamientos suaves (entre 10°-15°) al Oriente y Nororiente.

La unidad está constituida por delgadas y medianas capas de lodolitas fósiles, gris oscuras a gris amarillentas, con laminación interna y nódulos lodolíticos y ferruginosos, moldes de bivalvos (*Inoceramus*); delgadas intercalaciones de calizas micríticas y lumaquéllicas, gris oscuras y areniscas lodosas de grano fino, ligeramente micáceas y ferruginosas. El espesor de la parte aflorante de la unidad es de 70 m aproximadamente, mientras el espesor total, estimado cartográficamente y medido en el subsuelo fluctúa entre 250 y 300 m.

La Formación Simití suprayace concordantemente a la Formación Tablazo, mientras su contacto superior con la Formación La Luna, es transicional. Esta unidad en su sección tipo ha sido considerada del Albiano inferior a superior según Petters (en WARD et al., 1973). Litológicamente es comparable con la Formación San Gil Superior en Santander (ETAYO, 1968).

2.2.1.3 Formación La Luna (Ksl)

Nombre inicialmente utilizado por Garner, 1926 (en JULIVERT et al., 1968) e introducido en el Valle Medio del Magdalena por Morales et al. (1958) para una secuencia similar a la existente en el área de la Concesión Barco. Es una unidad generadora de petróleo tanto en la cuenca del Valle Medio del Magdalena como en la del Golfo de Maracaibo. La Formación La Luna aflora en la margen occidental del Valle Medio del Magdalena bolivarense y forma mesetas de pendientes suaves; tiene un rumbo N-S y presenta buzamientos entre 10° y 15° al Oriente, semejante al de las formaciones Tablazo y Simití.

La unidad consta de capas delgadas y medianas, planas paralelas de lodolitas calcáreas grises, laminadas, con moldes de amonitas y concreciones de micrita hasta de 1 m de diámetro, interpuestas por calizas micríticas y biomicríticas grises, algunas de éstas se encuentran impregnadas de petróleo y otras presentan concreciones calcáreas hasta de 2,30 m de diámetro, con delgadas intercalaciones de lodolitas gris oscuras, calcáreas, fosilíferas (amonitas, foraminíferos), capas delgadas, planas paralelas calizas micríticas, con amonitas y areniscas grises, grano fino, con intraclastos arcillosos. Hacia la parte media y alta se intercalan capas muy delgadas de chert negro y también capas medianas de rocas fosfóricas marrón grisáceas.

La secuencia de la Formación La Luna, en el Valle Medio del Magdalena, ha sido subdividida en tres miembros litoestratigráficos: el inferior Salado, el intermedio Pujamana y el superior Galembo (MORALES et al., 1958). La secuencia aflorante de esta unidad en territorio bolívarense, es comparable con la correspondiente a los miembros Salado y Pujamana y parte del Galembo.

El contacto entre la Formación La Luna y la Formación Simití infrayacente es transicional, mientras el contacto superior no aflora, se encuentra cubierto por depósitos cuaternarios. En el extremo suroriental del Departamento, se encuentra en contacto fallado con rocas del Grupo Real.

La edad de la Formación La Luna, en el Valle Medio del Magdalena es considerado del Turoniano inferior a Santoniano (MORALES et al., 1958). Esta unidad es correlacionable con la Formación La Luna del área de la Concesión Barco, cuya edad es del Cenomaniano a Turoniano y posiblemente Coniaciano (NOTESTEIN et al., 1944; RICHARDS, 1968); también es equivalente a la Formación La Luna del Occidente de Venezuela, de la edad Coniaciano a Santoniano (RENZ, 1959).

2.2.2 Cenozoico

Las rocas consideradas de edad cenozoica afloran en el extremo suroriental del Departamento de Bolívar, en el Valle Medio del Magdalena, están representadas por el

Grupo Real de edad neógena y por depósitos cuaternarios que ocupan la mayor parte de este valle.

2.2.2.1 Grupo Real (Ngr)

Esta unidad fue descrita originalmente por Wheeler (en HUBACH, 1957; DE PORTA et al., 1974) y su sección tipo se localiza en el sitio Bandera Real, cerca del Río Opón, donde fue subdividida en cinco formaciones que de base a techo son: Formación Lluvia, compuesta por conglomerados polimícticos; Formación Chontorales, con areniscas conglomeráticas y arcillolitas; Formación Hiel, constituida por arcillolitas grises y gris rojizas con areniscas; Formación Enrejado, consistente en arcillolitas con alternancia de areniscas, y Formación Bagre, que comprende areniscas conglomeráticas. El ambiente de depositación de estos sedimentos se ha interpretado como fluvial. Su espesor total es de 3.600 m aproximadamente.

El Grupo Real, en el territorio bolivarense, está constituido por lodolitas ligeramente arenosas, grises, con algunas capas de areniscas conglomeráticas, de color gris crema y en algunos sectores, hacia la parte alta de la secuencia, se tienen capas de conglomerados (CLAVIJO, 1995). Esta secuencia corresponde a las formaciones Enrejado y Bagre. La mayor información de esta unidad se ha obtenido de los pozos perforados por Ecopetrol en las márgenes del Río Magdalena, como puede verse en el mapa geológico de la Plancha 75 (Clavijo et al., 1994). El espesor aflorante varía entre 475 y 750 m.

El Grupo Real, en el Departamento de Bolívar, se encuentra en contacto fallado con rocas de las formaciones La Luna y Noreán, presentándose cubierto por depósitos cuaternarios.

Regionalmente existen discontinuidades estratigráficas bien definidas entre el Grupo Real con la Formación Colorado infrayacente y el suprayacente Grupo Mesa suprayacente (MORALES et al., 1958; BUENO, 1986; GOVEA y AGUILERA, 1986; MOJICA y FRANCO, 1992), así mismo suprayace en discordancia a la Formación Umir del Cretácico superior.

La edad del Grupo Real es considerada del Neógeno (Mioceno), según Morales et al. (1958). El Grupo Real en el Departamento de Bolívar es semejante litológicamente a la secuencia de referencia, descrita por Wheeler, 1929 (en HUBACH, 1957) en el Campo La Cira, Santander. Es correlacionable con el Grupo Honda y el Grupo Guayabo.

2.2.2.2 Depósitos de Llanura Aluvial (Qlal)

Los depósitos cuaternarios del Valle Medio del Magdalena son muy variados en su origen y se encuentran ampliamente distribuidos a lo largo del valle principal y valles de los principales afluentes.

Esta unidad se encuentra constituida por depósitos de llanura aluvial predominantemente, coluvio-aluviales, abanicos aluviales, llanura de inundación, aluvial de afluentes, fluviales de canal, depósitos de orillales, barras longitudinales y transversales (islas) y fluviolacustres de ciénagas y pantanos. Estos depósitos son considerados del Holoceno a más recientes. Estos depósitos son aprovechados para la agricultura y la ganadería en la región.

2.3 REGIÓN VALLE INFERIOR DEL MAGDALENA

Esta región se encuentra localizada en la parte central y Norte del Departamento de Bolívar, ocupando buena parte de su territorio, comprende una amplia franja que se extiende en dirección NW, la cual forma parte del terreno geológico San Jorge-Plato (DUQUE-CARO, 1980; ETAYO et al., 1983). La región del Valle Inferior del Magdalena se caracteriza por presentar tres subregiones geológicas importantes: la de San Jorge-Plato, la de San Jacinto y la del Sinú, delimitadas por los lineamientos de Colombia, Sinú y Romeral, que y tienen direcciones aproximadas N20°E, las cuales en la presente memoria explicativa se describen separadamente, como tres subregiones o provincias con características geológicas, tectonoestratigráficas y evolución geológica diferentes.

2.3.1 Subregión San Jorge – Plato

La subregión o subcuenca de San Jorge-Plato, ocupa la parte central del territorio bolivarense, limitada al Noroccidente por el lineamiento de Romeral y al Suroriente por la Falla de Murrucucú. En la subregión de San Jorge – Plato, afloran rocas sedimentarias de edad neógena, agrupadas en la unidad Sedimentitas Indiferenciadas (Ngs) y rocas de edad cuaternaria, representadas por Depósitos de Llanura Aluvial (Qtal).

2.3.1.1 Sedimentitas Indiferenciadas (Ngs)

Es una unidad litoestratigráfica informal, que ocupa buena parte del territorio de los municipios de Magangué y Carmen de Bolívar, se encuentra bien expuesta en el corte de la carretera que comunica a los municipios mencionados.

La unidad, en general, está constituida por sedimentos semiconsolidados como areniscas de color gris claro a blanco, de grano medio a grueso, intercaladas con conglomerados gruesos, semiconsolidados, con fragmentos redondeados probablemente volcánicos y como es una secuencia de arcillolitas gris verdosas, amarillentas y rojizas, intercaladas con delgadas capas de areniscas gris amarillentas, de grano fino y hacia el techo se encuentran arcillolitas calcáreas que ocasionalmente contienen lentes de caliza fosilífera.

La edad de esta unidad no se pudo determinar por estudios paleontológicos y la secuencia estratigráfica podría corresponder a la Formación Cuesta del Neógeno, según García (en

ARIAS y MORALES, 1997) y también a la unidad denominada Sedimentitas de Arjona, considerada del Post-Eoceno (ARIAS y MORALES, 1997).

2.3.1.2 Depósitos de Llanura Aluvial (Qlal)

Los depósitos cuaternarios de la subregión de San Jorge – Plato, son de diferentes orígenes y están ampliamente distribuidos, ocupando la casi totalidad de la extensión del mencionado valle, incluyendo los valles principales de ríos y quebradas afluentes. Esta unidad comprende depósitos de llanura aluvial, principalmente coluvio-aluviales, llanura de inundación, fluviales de canal, depósitos de orillales y fluviolacustres de ciénagas. Son considerados del Holoceno. Generalmente se utilizan para la agricultura y la ganadería.

2.3.2 Subregión de San Jacinto

Subregión geológica adyacente a la plataforma y limitada al Oriente por el Lineamiento estructural de Romeral y al Occidente por el Lineamiento del Sinú. En la literatura geológica se conoce con el nombre de Cinturón de San Jacinto, que hace parte del Valle Inferior del Magdalena y está conformado por rocas sedimentarias cuya edad varía del Cretácico superior (Maastrichtiano) hasta el Cuaternario, cuya edad fue establecida por métodos micropaleontológicos y comprenden las formaciones Cansona, San Cayetano, Maco, Chengue, San Jacinto, Unidad Arenosa de Mucacal, Carmen, Rancho, Jesús del Monte, Hibácharo, Zambrano y Tubará (Figura 7).

En la región de San Jacinto afloran rocas sedimentarias de edad mesozoica representadas por la Formación Cansona (Ksc) de edad del Cretácico superior y las formaciones San Cayetano, Maco, Chengue, San Jacinto, Unidad Arenosa de Mucacal, Carmen, Rancho, Jesús del Monte, Hibácharo, Zambrano y Tubará del Paleógeno y Neógeno (Figura 7). Estas unidades se describen a continuación del más antigua a más joven.

2.3.2.1 Formación Cansona (Ksc)

Esta unidad fue descrita por Wood, 1940 (en BUTLER, 1941) y posteriormente definida por Chenevart (1963), quien no señala una localidad tipo, pero la unidad sí se encuentra bien expuesta en la Serranía de Cansona al SW del Carmen de Bolívar, donde forma una franja alargada y angosta de dirección NE, la cual se prolonga en el Departamento de Sucre.

La unidad se compone de capas de chert gris oscuro a negro, arcillolitas, limolitas, con delgadas intercalaciones de chert; lodolitas negras, calcáreas, con concreciones calcáreas; calizas micríticas grises; lodolitas gris verdosas y areniscas con intercalaciones calcáreas, silos de basaltos y capas de lodolitas calcáreas con foraminíferos. Dueñas y Duque-Caro (1981) encontraron un área adyacente en el Departamento de Sucre, donde las limolitas de

color crema pasan transicionalmente a cherts negros, con algunas venas de calcita; también se observó el proceso contrario, donde cherts negros pasan a limolitas cremas.

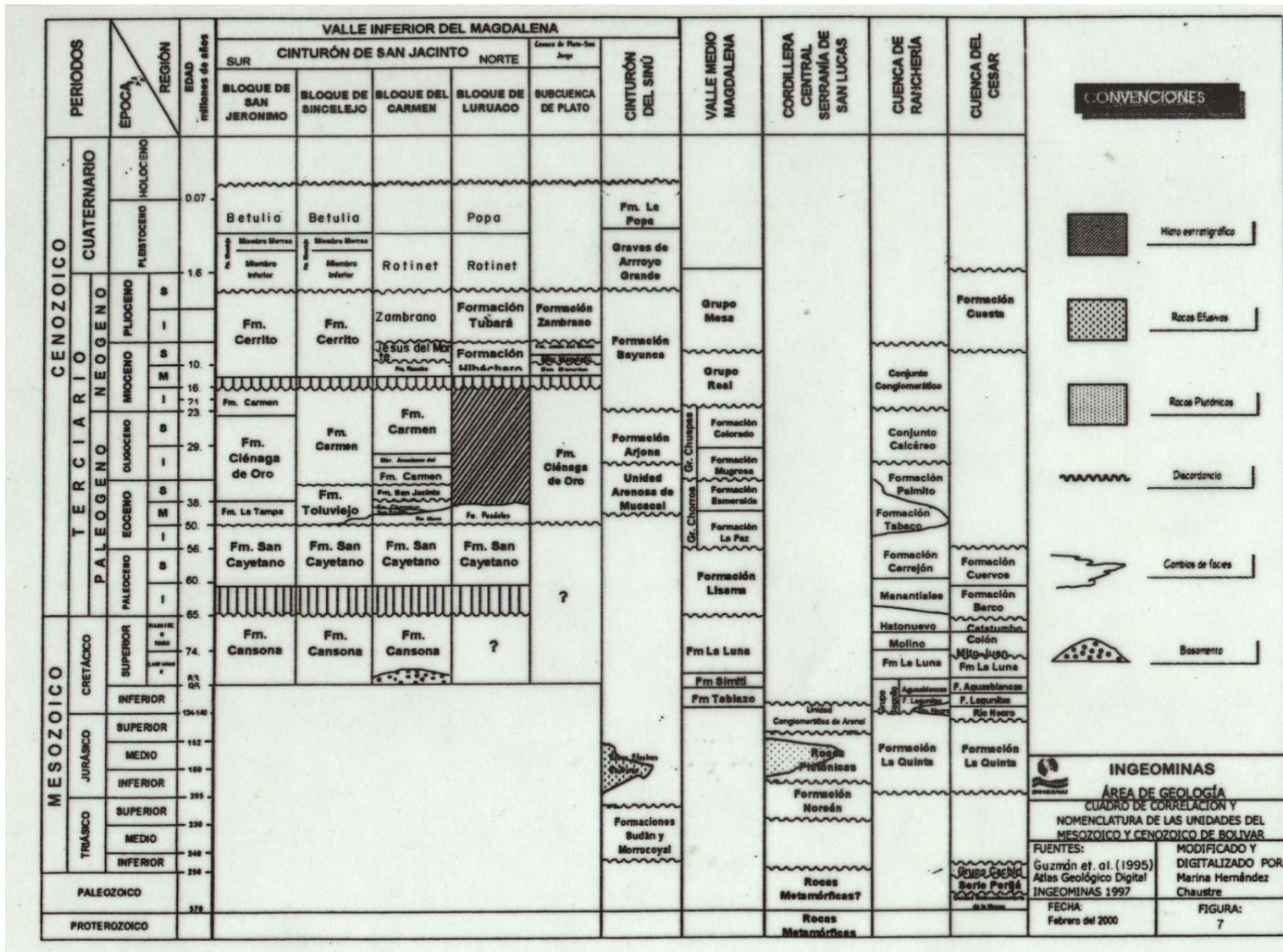
El contacto inferior de la Formación Cansona no aflora en el territorio del Departamento de Bolívar, mientras el superior es discordante con los conglomerados y areniscas de la Formación San Cayetano.

La fauna de amonitas en concreciones calcáreas, así como la microfauna en los cherts, indica condiciones marinas abisales con profundidades entre 2.000 y 4.000 m (DUEÑAS y DUQUE-CARO, 1981). La fauna encontrada indica edades del Coniaciano-Campaniano y Maastrichtiano (DUQUE-CARO, 1972).

La Formación Cansona es correlacionable con la facies de limolitas y cherts de la región de Arroyo Alférez (DUQUE-CARO, 1972), así como con las rocas calcáreas-lidíticas de la Formación Penderisco y probablemente con la unidad de cherts de San Sebastián en el Departamento de Córdoba (LONDOÑO y GONZALEZ, H., 1997).

2.3.2.2 Formación San Cayetano (Pgsc)

Nombre utilizado por Chenevart (1963) al referirse a la alternancia de limolitas y areniscas finas que afloran en los Montes de María (Serranía de San Jacinto), localizadas al NW del Departamento de Bolívar. Sin embargo, está bien expuesta en el área del Corregimiento de San Cayetano, de donde procede su nombre. Duque-Caro et al. (1991) escogieron como sección de referencia la expuesta en el Arroyo Palmar.



La unidad se encuentra constituida por una alternancia de areniscas, lodolitas, limolitas y arcillolitas en secuencias granodecrecientes. Predominan las litoarenitas arcósicas y arcosas líticas en capas gruesas, con delgadas intercalaciones de limolitas, lodolitas silíceas y localmente chert, micritas y algunas calizas algáceas; interestratificaciones de limolitas y arcillolitas laminadas, con restos de algas rojas, intercalación de cherts grises, con laminación interna plana-paralela y calizas micríticas con algas rojas y bioesparíticas; suprayacen areniscas arcósicas, granodecrecientes, estratificadas con limolitas y arcillolitas verde oliva, en capas delgadas, donde las capas arcillosas son las más gruesas. Hacia el tope en algunos sectores se presentan calizas silíceas y porcelanita de radiolarios. El espesor total es de 1.200 m (DUQUE-CARO et al., 1991).

El contacto inferior de la Formación San Cayetano es discordante con la Formación Cansona. El contacto superior es discordante con los suprayacentes formaciones Maco (planchas 37 y 38) ,Pendales y Perdices al Norte del cinturón en el departamento del Atlántico.

El ambiente deposicional de la Formación San Cayetano ha sido considerado por diversos autores, de origen turbidítico. Zimmerle, 1968 (en DUQUE-CARO, 1972) reconoció características como gradación y ritmicidad propias de este tipo de depósitos turbidíticos. DUQUE-CARO (1973, 1980) confirma el ambiente y le da una profundidad de más de 4000 m. Reyes et al. (1994) encontraron litofacies de Mutti and Ricci-Lucchi (1975) y parte de la secuencia de Bouma (1969) corroborando el origen turbidítico de la unidad.

La edad de la Formación San Cayetano, con base en microfósiles se ha considerado como del Paleoceno inferior a Eoceno medio (DUQUE-CARO, 1967; DUQUE-CARO, et al., 1991). Esta unidad es correlacionable con la Formación Tuchín (DUQUE-CARO, 1967).

2.3.2.3 Formación Maco (Pgm)

Originalmente fue descrita por Butler, 1942 (en DUQUE-CARO et al., 1991), al referirse a la secuencia de conglomerados y areniscas aflorantes en el Cerro de Maco y en la Cordillera de Las Pinturas al Noroccidente de Carmen de Bolívar. Esta unidad aflora en una franja angosta y alargada con dirección N20°E.

La parte inferior de la Formación Maco está conformada por conglomerados arenosos, en capas gruesas, lenticulares, con guijos de rocas ígneas intrusivas y efusivas, rocas metamórficas y sedimentarias, lentes de areniscas arcósicas y de conglomerados máficos. En la parte superior se compone de lodolitas negras; con laminación plana paralela; areniscas arcósicas, micáceas, de grano fino a conglomerático, con intercalaciones de lodolitas gris amarillentas y capas delgadas y medianas hasta de 1 m de calizas micríticas fosilíferas. El espesor es de 500 m (DUQUE-CARO et al., 1991).

La Formación Maco fue depositada en un ambiente turbidítico de características proximales en la base y media-distal en el techo. En esta unidad se han reconocido parte de la secuencia de Bouma (1962) y litofacies de Mutti and Ricci-Luchi (1975) que corroboran el ambiente turbidítico (REYES et al., 1997).

El contacto inferior de la Formación Maco se presenta en discontinuidad estratigráfica (discordancia) con la Formación San Cayetano, mientras el superior es normal con la suprayacente Formación Chengue.

En la Formación Maco a pesar que es muy pobre en fósiles, se encontró fauna típica del Eoceno medio (DUQUE-CARO, 1968). Esta unidad parece corresponder con la Formación Carreto Inferior (CHENEVART, 1963); sin embargo, por falta de precisión en su descripción y localización, Duque-Caro et al. (1991) proponen no utilizar este nombre. (carreto)

2.3.2.4 Formación Chengue (Pgch)

Inicialmente fue definida por Notestein (1929) y posteriormente redescrita en el Arroyo Salvador por Butler (1942). Duque-Caro et al. (1991) consideran como sección de referencia la levantada en el Arroyo El Medio. El nombre proviene del Caserío Chengue (Plancha 44) en el Departamento de Sucre. Aflora en Bolívar en una franja angosta y alargada paralela a la franja de la Formación Maco, de dirección NE, con buenas exposiciones en Loma Guali, Cerro Membrillal y área de Arroyo Hondo.

La unidad está constituida por calizas bioesparíticas, arrecifales, algáceas (algas rojas), lodolitas calcáreas (margas), las cuales se presentan en capas muy delgadas y también no calcáreas grises a gris rojizas, con laminación plana paralela continua, fósiles con microfauna (bivalvos, foraminíferos, radiolarios y corales). Hacia la base, arcillolitas y areniscas calcáreas. En la parte superior hay lodolitas calcáreas, amarillentas, con laminación plana paralela a levemente ondulosa, con un nivel de caliza bioesparítica, gris oscura, con algas, foraminíferos, en capas delgadas a medianas. El espesor total varía entre 220 y 310 m (DUQUE-CARO et al., 1991).

La Formación Chengue suprayace a la Formación Maco en contacto normal e infrayace concordantemente a la Formación San Jacinto. Sin embargo en otros sectores se interdigita con las facies de la Fm. Maco (Duque et al, 1991).

Las características sedimentológicas junto a la microfauna planctónica y bentónica, indican una variación de ambiente marino desde batial superior a nerítico (sublitoral), según Duque-Caro et al. (1991).

Los microfósiles bentónicos y planctónicos de esta unidad, determinan una edad paleógena (Eoceno medio), según Duque-Caro et al. (1991). La Formación Chengue tiene la misma posición estratigráfica que la Formación Carreto Superior (CHENEVART, 1963), pero la descripción estratigráfica no es muy precisa y carece de localización geográfica.

2.3.2.5 Unidad Arenosa de Mucacal (Pgm)

Esta unidad informal se propuso en reemplazo de la también informal San Onofre, la cual no representa su localidad de referencia. Clavijo et al. (1996) decidieron denominarla informalmente como Unidad Arenosa de Mucacal (Pgem), ya que sus afloramientos están ampliamente distribuidos en los alrededores del Corregimiento de Sabanas de Mucacal, Municipio de San (Sucre) El estratotipo propuesto por estos autores, es la sección carretera Brisas-Salas, aunque no presenta base ni techo, si presenta una excelente exposición. Además de esta sección existen cinco secciones más de referencias, en el territorio sucreño. Esta unidad aflora en el sector Noroccidental del departamento de Bolívar, ocupando áreas pequeñas en los alrededores de Arroyo Prenal y de los caseríos de Las Trinas, Arroyo Grande y Nuevo Retén al Suroccidente del Municipio de María La Baja en el centro occidental de la Plancha 36-37 María La Baja (GUZMAN et al., 1995).

La unidad está constituida por areniscas cuarzosas, de color gris amarillento, de grano fino a medio, interestratificadas con lentes de areniscas conglomeráticas con clastos de arcillolitas grises. Hacia la base se encuentran areniscas de grano grueso a conglomeráticas, con fragmentos subangulares de cuarzo, líticos y feldespatos, embebidos en una matriz arcillosa, en capas medianas, con estratificación plana paralela. Interestratificación de lodolitas gris verdosas, en capas de 50–60 cm de espesor, con niveles de 10–20 cm de areniscas conglomeráticas con fragmentos cuarzosos, en una matriz arcillosa. El espesor medido de esta unidad en la Plancha 36–37 (María La Baja), es de 800m. (GUZMAN et al., 1995).

La Unidad Arenosa de Mucacal (Pgem), en la Plancha 36–37, reposa discordantemente sobre la Formación San Cayetano, mientras el techo se encuentra cubierto discordantemente bien por la Formación Carmen o por depósitos cuaternarios.

La edad de la Unidad Arenosa de Mucacal ha sido establecida por su posición estratigráfica como del Eoceno Medio (GUZMÁN et al 1995) y del Eoceno medio - superior, (CLAVIJO et al., 1996) ya que no se tiene ninguna información paleontológica que permita datarla con mayor precisión. Esta unidad es cronológicamente correlacionable con las formaciones Maco y Chengue del sector centro-oriental de la Plancha 36–37, María La Baja.

2.3.2.6 Formación San Jacinto (Pgsj)

Nombre utilizado por primera vez por Notestein (1929) para referirse a unos conglomerados y areniscas conglomeráticas que se encuentran al Suroccidente de Carmen de Bolívar, posteriormente fue descrita por Butler (1942). El autor no presenta un estratotipo original de la unidad, por tanto se tomó como estratotipo la sección Arroyo Alférez, siendo esta sección una de las más completa, donde está expuesta casi en su totalidad pero no se observa su base (DUQUE-CARO et al., 1991); además de esta sección de referencia existen otras secciones como Arroyo Piedra Azul, Arroyo La Enchamada, Arroyo Salvador y Arroyo San Jacinto, aunque en ninguna de éstas se pudo calcular el espesor de la unidad. Afloran en una extensión lateral amplia en forma de franjas alargadas en las planchas 31, 37 y 38 (REYES et al., 1997; GUZMÁN et al., 1995; DUQUE-CARO et al., 1991). En la mayoría de estas secciones los conglomerados afloran hacia la base de la unidad y parecen ser lentes que cambian lateralmente.

Esta unidad se caracteriza por presentar en la parte inferior arenitas de cuarzo, subarcólicas, de grano fino, medio a muy grueso y conglomeráticas con escasos guijos, de hasta 10 cm de diámetro, de caliza y arenisca, localmente son glauconíticas, en capas medianas y gruesas granodecrecientes, de coloración anaranjada, presentan laminación paralela e inclinada paralela, fragmentos gruesos de bivalvos y restos de plantas; se intercalan conglomerados arenosos, con fragmentos gruesos de rocas ígneas (granodioritas, andesitas), cuarzo lechoso y chert negro, cemento calcáreo, en matriz arenosa, presentan niveles lodolíticos gris oscuros, con alto contenido de materia orgánica, además de pequeños lentes carbonosos; seguidamente hay unas capas gruesas de areniscas conglomeráticas y conglomerados finos, bioclásticos, con cemento calcáreo.

Hacia la parte superior las areniscas son de grano fino, medio a grueso, ligeramente conglomeráticas, color naranja, con cemento calcáreo y silíceo, en capas medianas con lodolitas de color gris amarillento y niveles menores de lodolitas carbonosas, grises. Al techo de la unidad se encuentran conglomerados bioclásticos con fragmentos de bivalvos y gasterópodos, muy compactos, con cemento calcáreo. Los espesores mayores de esta unidad se midieron en la sección de Arroyo Salvador de 500 m y en el Anticlinal del Tigre (Plancha 38) de 450 m (DUQUE-CARO et al., 1991).

El límite basal de la Formación San Jacinto es considerado discordante con la Formación Chengue, ya que las marcadas diferencias litológicas entre estas formaciones, confirman esta discontinuidad estratigráfica (DUQUE-CARO et al., 1991). Los mismos autores, sugieren una relación estratigráfica discordante con la Formación Carmen suprayacente.

Las características sedimentológicas de esta unidad, como superposición de secuencias granodecrecientes incompletas, depositadas en un ambiente de alta energía (turbiditas) y variaciones faciales granulométricas de Norte a Sur, sugieren depósitos pertenecientes a

antiguos abanicos submarinos, en un ambiente de alta y baja energía, en quiebre de talud que coincide con las características microfaunísticas planctónicas y bentónicas diagnósticas de dicho ambiente (DUQUE-CARO et al., 1991).

La edad de esta unidad ha sido considerada por autores como Olsson (1956) del Eoceno medio – superior; Bürgl (1961) propone una edad del Eoceno superior, Chenevart (1963) la ubica entre Eoceno superior y Oligoceno inferior, y según Duque-Caro et al. (1991) la microfauna estudiada comprende una edad desde el Eoceno superior al Oligoceno inferior. La Formación San Jacinto es equivalente en edad a la Formación Tolúviejo (DUQUE-CARO, 1968; DUQUE-CARO et al., 1991; CLAVIJO et al., 1996) y se correlaciona con la Formación Arroyo de Piedra (BUENO, 1970).

2.3.2.7 Formación Carmen (PgNgc)

La sección original de esta unidad fue descrita por Notestein (1929) en el Arroyo Alférez en el Municipio de Carmen de Bolívar. Esta unidad ha recibido diferentes denominaciones: Sección o Grupo El Carmen (ANDERSON, 1929), El Carmen (OLSSON, 1956) Porquera (CHENEVART, 1963), pero fueron Duque-Caro et al. (1996) quienes la denominaron Formación Carmen. Topográficamente se expresa en forma de colinas suaves y redondeadas en el amplio valle del Carmen de Bolívar, que corresponde a su localidad tipo. También está bien expuesta en área de los municipios de San Juan de Nepomuceno y Calamar.

La unidad está compuesta por una secuencia de arcillolitas grises oscuras a café amarillentas en muestras meteorizadas, bioturbadas en algunos niveles, presentan abundantes foraminíferos planctónicos y venas de yeso, con esporádicas acumulaciones de yeso y azufre en nódulos de hasta 5 cm de diámetro. Hacia la base es común la presencia de interestratificaciones delgadas de areniscas arcillosas, limolitas y lodolitas arenosas donde es común la glauconita; también hacia la base se encuentra un nivel de arenita lítica, calcárea, con abundante glauconita y macroforaminíferos, presenta un espesor entre 30 y 35 m, que Duque-Caro, et al. (1991) le han dado formalmente el rango de Miembro Arenisca del Oso, que es lateralmente variable de Sur a Norte, tanto en espesor de los estratos como en su textura y cuando aflora se presenta como prominencias alargadas que emergen de la topografía suave de las lodolitas y arcillolitas predominantes. En la localidad tipo el espesor de la unidad es de 1.100 m aproximadamente.

El ambiente depositacional de la Formación Carmen, según Duque-Caro et al. (1991), corresponde a una sedimentación en una cuenca interna de margen restringida, relativamente anóxica, con aportes de sedimentos terrígenos, tamaño limo, lodo y precipitación de carbonatos, con una área bordeada por zonas de pendientes no muy desarrolladas, sedimentación continua, con invasión ocasional de organismos perturbadores del substrato. Además, la presencia de fauna bentónica, indicaría una zona

batial media-superior a batial media-inferior, cuya profundidad no sería mayor de 900 m (DOUGLAS and HEITMAN, 1979). Por otra parte, la abundancia de Unigerinas costilladas, sugiere su relación con ambientes saturados en materia orgánica (DUQUE-CARO, 1990).

Las relaciones estratigráficas de esta unidad no han sido establecidas claramente, pero según Duque-Caro et al. (1991) tanto el contacto inferior como el superior presentan características aparentemente discontinuas, con las formaciones San Jacinto y Rancho, respectivamente.

La fauna reconocida en los arroyos Alférez y San Jacinto, comprende las zonificaciones clásicas de foraminíferos planctónicos del Oligoceno inferior-Mioceno inferior (DUQUE-CARO et al., 1991), lo mismo que la zonificación originada de sección de Carmen-Zambrano (PETTERS y SARMIENTO, 1956). La Formación Carmen es equivalente litológicamente y cronológicamente a la Formación Porquera de Petter (en DE PORTA et al., 1974) y a la Formación Las Perdices (ANDERSON, 1929).

2.3.2.8 Formación Perdices (Pgp)

Nombre dado por Anderson (1929), para designar una secuencia de shales arcillosos, shales arenosos, capas de chert y algunas areniscas, observadas en cercanías de un paraje rural denominado "Las Perdices" a unos 22 km al SW de Barranquilla, de donde proviene su nombre. Este autor utilizó inicialmente el rango de Grupo Perdices y posteriormente el de Formación Perdices al igual que Raasveldt (1953), BÜrgl (1957, 1961) y Van Der Hammen (1958). Bueno (1970) usa la definición en el sentido de BÜrgl (1957) y señala que la localidad tipo está ubicada en el caserío de Cuatro Bocas, cerca del Municipio de Tubará.

La Formación Perdices aflora al W de la Placha 24 en territorio bolivarense, bordeando el cabeceo Norte del Anticlinorio de Luruaco, expuesta en pequeños afloramientos. Esta unidad desarrolla relieves de morfologías suaves, contrastando con la prominencia de las unidades aledañas. La descripción se hace con base en afloramientos pequeños, aislados y alterados, en cercanías del Municipio de Santa Catalina. La unidad en la Plancha 23 está constituida por lodolitas grises, amarillas y ocre, algunos niveles son físilos y otros presentan partición concoidea, con delgadas intercalaciones de limolitas arcillosas, oxidadas, en capas delgadas entre 5 y 10 cm de espesor, interestratificadas con capas de arcillolitas pardas con espesores entre 1.50 y 2 m, donde aparecen delgados niveles de yeso tipo selenita. Se intercalan esporádicas areniscas de cuarzo, amarillas, de grano fino, con laminación plana-paralela a ligeramente ondulosa, en capas delgadas.

La Formación Perdices presenta un contacto discordante con las formaciones infrayacentes de San Cayetano, Pendales y Arroyo de Piedra, al Norte y Oriente del Municipio de Luruaco e infrayace paraconformemente a la Formación Hibácharo, pero por hallazgos

bioestratigráficos, en la Plancha 17, se ha determinado un hiato estratigráfico entre estas unidades. El espesor estimado a partir de un corte estructural es de 500 m. Sin embargo, se ha considerado que este varía entre 600 y 1000 m.

Anderson (1929) le asignó una edad Mioceno; Van Der Hammen (1958) la condidera Mioceno inferior; BÜrgl et al. (1955) establecen un rango de Oligoceno-Mioceno, y Raasveldt (1953) le asigna una edad del Oligoceno-Mioceno inferior. Muestras recolectadas de esta unidad dieron una fauna como: **Globigerinoides, Globoratalla Peripharoacurta, Catapsydrax Dissimillis, Globoratalla Materi, Acarininas, Globigerinoides Trilobus, Globigerina Venezolana**, entre otras, dando un rango de edad entre el Oligoceno superior-Mioceno medio bajo. La Formación Perdices se correlaciona con la Formación Carmen del Anticlinorio de San Jacinto.

2.3.2.9 Formación Rancho (Ngmr)

Fue descrita originalmente por Notestein (1929) y redefinida por Butler (1942) en la carretera de Carmen de Bolívar-Zambrano (Bolívar), donde fue denominada Series del Rancho, constituida por una sucesión espesa de areniscas resistentes y arcillolitas arenosas. Duque-Caro et al. (1991), conservan el mismo nombre con el rango de Formación Rancho. Esta unidad está ampliamente distribuida en los municipios de Carmen de Bolívar, San Jacinto, San Juan Nepomuceno y El Guamo. Como localidad tipo se ha escogido el área del Carmen de Bolívar-San Juan Nepomuceno.

La Formación Rancho, en la sección de la carretera Carmen de Bolívar-Zambrano, se caracteriza por presentar en su base un paquete potente de areniscas arcóscicas de color verde oliva claro, deleznales, en capas gruesas a muy gruesas, interestratificadas con capas delgadas de lodolitas del mismo color; en contactos netos, plano-parallelos, con intercalaciones de delgadas capas de areniscas; en el contacto con las lodolitas se presentan esporádicamente restos de plantas y foraminíferos bentónicos. Hacia la parte alta de este segmento predominan las lodolitas en capas gruesas a muy gruesas y localmente capas tabulares, algunas veces discontinuas de areniscas de grano fino a medio, en contactos plano-parallelos a ondulosos parallelos, con concreciones areno-calcéreas, con diámetros entre 0.20 y 1.0 m; esporádicamente contiene restos de vegetales y pequeñas concentraciones de yeso. El tope de la unidad está compuesto por un nivel de lodolitas gris verdosas, de 8.0 m de espesor. La Formación Rancho, en la sección carretera Carmen de Bolívar-Zambrano, tiene un espesor de 970 m (DUQUE-CARO et al., 1991), mientras en el Departamento de Magdalena en el Pozo Difícil 1, se ha calculado un espesor promedio de 1.500 m para esta unidad, que los petroleros denominan Formación Porquera.

La asociación facial, la aparente continuidad tanto lateral como composicional de las rocas, así como la forma lobular (como radial), clasifican el origen de esta unidad como depósito de abanico, donde predomina el tamaño arena; son características de frentes de aporte

donde predominan arenas y limos; los cuales fueron transportados a lo largo del borde externo de una plataforma y canalizados en la desembocadura de un cañón submarino (PICCJERING et al., 1986). También el análisis paleoambiental de la microfauna, indica que la Formación Rancho se inició en ambientes inferiores, con profundidades entre 2000 y 1000 m (INGLE, 1980).

El contacto inferior de la Formación Rancho presenta características aparentemente discontinuas con la Formación Carmen infrayacente; mientras su contacto superior con la unidad Formación Jesús del Monte suprayacente, es discordante (DUQUE-CARO et al., 1991).

La Formación Rancho se caracteriza por la abundancia de microfauna bentónica y planctónica, así como por la ausencia de macrofósiles. Con base en estudios micropaleontológicos Petters y Sarmiento (1956), De Porta et al (1962, 1970), Stone (1968), Blow (1969) y Duque – Caro et al. (1968, 1970, 1975, 1979) le asignaron una edad del Mioceno superior-Plioceno inferior. Esta unidad es correlacionable en parte con la Formación Porquera y la Formación Piojó.

2.3.2.10 Formación Jesús del Monte (Ngjm)

Esta unidad fue descrita inicialmente como Grupo Jesús del Monte, en un informe interno de la Texas Petroleum Company en 1946. Posteriormente fue redefinida por Duque - Caro et al. (1991) asignándole el rango de Formación Jesús del Monte, la cual aflora en franjas de dirección NE en el sector Norte del Departamento de Bolívar, donde ocupa parte de las áreas de los municipios de Carmen de Bolívar, Zambrano, San Jacinto, San Juan de Nepomuceno y El Guamo.

La parte basal de la Formación Jesús del Monte está representada por un nivel de areniscas denominadas Areniscas de Mandatú con el rango de Miembro de Mandatú (DUQUE-CARO et al., 1991), el cual no es cartografiable a la escala del mapa, cuyo nombre proviene de la Hacienda Mandatú, donde se encuentran sus mejores afloramientos.

El Miembro Mandatú se inicia con una secuencia de 42 m de areniscas arcósicas, de grano grueso a conglomeráticas, en capas gruesas a muy gruesas, con impresiones de hojas y con concreciones métricas de areniscas muy calcáreas, contactos plano-paralelos, algunas veces erosivos, interestratificadas con capas delgadas de limolitas gris verdosas. Es característico un paquete grueso de areniscas, grano medio a grueso, con un espesor de 22 m, en capas tabulares gruesas a muy gruesas, con concreciones métricas de areniscas calcáreas y concreciones arcillosas, gris verdosas. Suprayaciendo este miembro se encuentra un predominio de arcillolitas y limolitas. Son arcillolitas de color marrón oliva, en capas gruesas a muy gruesas, interestratificadas con capas finas a medias de limolitas y capas

medias a gruesas de arcosas líticas, calcáreas, con glauconita y contactos planos-paralelos y onduloso palelelo.

La base de la Formación Jesús del Monte se caracteriza por presentar un paquete delgado de arcillolitas, de color gris oliva y estratificación ondulosa discontinua e interposición de areniscas, finas y limolitas; mientras el tope se caracteriza por un paquete de 8 m de arcillolita gris oliva a amarillenta, con delgados lentes limosos y arenosos, interestratificados con capas finas a muy finas de areniscas líticas, calcáreas, de color verde oliva grisácea, deleznales. En la sección tipo se ha medido un espesor total de 780 m para esta unidad.

La Formación Jesús del Monte se depositó en un ambiente marino, con abundante microfauna planctónica y bentónica; presenta cambios paleobatimétricos de batial inferior en la base (Miembro Mandatú) a profundidades batiales medias a superiores en la Zona de **Sigmoilina tenuis**, a la cual se sigue una somerización que se reconoce hasta el tope de esta unidad; allí se identificaron las zonas de **Bulimina carmenensis** y **Uvigerina subperegrina** (PETTERS y SARMIENTO, 1956; DUQUE-CARO, 1975, 1990).

El contacto superior de la Formación Jesús del Monte con la Formación Zambrano es aparentemente continuo sin embargo, existen evidencias regionales, tanto estructurales como bioestratigráficas, que indican un contacto discordante. Este carácter discontinuo se puede reconocer en el contacto entre el tope de la Formación Rancho y la base del Miembro Mandatú de esta unidad, donde los límites estratigráficos son claramente diferentes (DUQUE-CARO et al., 1991).

La zonificación planctónica mencionada y la edad de esta unidad han sido discutidas en diferentes trabajos, destacándose los de De Porta (1962, 1970); Stone (1968) y Duque-Caro (1968, 1970, 1975, 1990). Duque-Caro et al. (1991), basándose en la información micropaleontológica, actualizada y recolectada de la Formación Jesús del Monte, concluyeron que la zonificación planctónica de esta unidad comprende una zonificación, cuya edad es del Mioceno inferior alto.

2.3.2.11 Formación Hibácharo (Ngh)

Esta unidad fue referenciada por Raasveldt (1953) quien no precisó descripción estratigráfica ni sección tipo. Su nombre se asume que proviene del caserío de Hibácharo al Norte del Municipio de Luruaco. Bueno (1970) al referirse a esta unidad, describe que está conformada por arcillolitas, limolitas y areniscas de grano fino, medio a conglomeráticas, la cual está bien expuesta en el anticlinal de Cibardo y en el sinclinal de Tubará al Norte de Repelón y en inmediaciones de Hibácharo (se considera como localidad tipo la sección Hibácharo – Torre de Telecom). Esta unidad en el departamento de Bolívar, aflora en parte

del área de los municipios de Villanueva al Suroriente de la Plancha 23 y de San Estanislao al Noroccidente de la Placha 24.

En territorio bolivarense, la Formación Hibácharo consiste predominantemente de lodolitas grises a gris amarillentos (por meteorización), con laminación plana – paralelas a ligeramente onduladas, físis, en capas delgadas, planas y cuneiformes; también en capas gruesas, bioclásticas; con restos especialmente de bivalvos y equínidos, intercaladas con arcillolitas; suprayacen areniscas cuarzosas, de grano fino a medio y conglomeráticas con abundantes fragmentos fósiles de bivalvos; con cemento calcáreo, bien seleccionadas, masivas, en capas medianas con intercalaciones de lodolitas negras, fósiles, en capas delgadas. En toda la secuencia de esta unidad, se encuentran láminas de yeso diseminado tipo selenita. El espesor medio en la sección de referencia es de 488m (REYES y ZAPATA, 1996), pero el espesor máximo en corte estructural es de 1000 m. Los sedimentos de esta unidad se depositaron en un ambiente marino somero.

La Formación Hibácharo reposa discordantemente sobre la Formación San Cayetano e infrayace en discordancia angular a la Formación Tubará.

Raasveldt (1953) y BÜRGL (1957) le asignan una edad del Mioceno medio a la Formación Hibácharo, y según Barrera et al. (en preparación) le corresponde una edad del Mioceno medio a inferior. En el Departamento de Bolívar (planchas 24 y 30) se analizaron muestras con fósiles que registraron edades del Mioceno medio (REYES y ZAPATA, 1996; REYES et al., 1995). Esta unidad es correlacionable cronológicamente con la Formación Rancho del Bloque del Carmen de Bolívar.

2.3.2.12 Formación Zambrano (Ngz)

El término de Capas de Zambrano fue utilizado por Weiske (1938) para describir una secuencia de areniscas calcáreas con capas fosilíferas, aflorantes en los alrededores de los municipios de Carmen de Bolívar y Zambrano, en el Departamento de Bolívar. Duque-Caro et al. (1991) emplean la referencia original de Weiske (1938), pero elevándola al rango de Formación Zambrano. La localidad tipo es supuesta y se presenta en los alrededores de Zambrano, en la margen izquierda del Río Magdalena. Esta unidad aflora en forma de colinas muy bajas y amplias que se extienden con un rumbo general N45°E y una inclinación suave (5°-10°) hacia el Oriente, encontrándose bien expuesta al Sur del caserío de San Luis y en la carretera Carmen de Bolívar-Zambrano.

En la sección por la carretera Carmen de Bolívar-Zambrano, se trata de una unidad eminentemente arenosa con algunas intercalaciones de lodolitas en capas medianas y limolitas en capas delgadas a finas, donde es común la ocurrencia de conchas de moluscos (bivalvos y gasterópodos). Presenta arcillolitas grises, con laminación plana a ondulosa paralela, yeso en masas y escamas, localmente calcáreas, con nódulos ferruginosos;

concreciones calcáreas y abundantes conchas de moluscos. También presenta intercalaciones de areniscas de cuarzo a sublíticas, de color amarillo claro a rojizo, de grano fino a medio, calcáreas, bioclásticas, con restos de ostreidos, bivalvos y gasterópodos, localmente micáceas, con frecuentes concreciones de areniscas calcáreas de 40 cm a más de 1 m de diámetro, están dispuestas en capas delgadas a gruesas, con laminación plana-paralela a ondulosa. El espesor de esta unidad varía entre 500 y 600 m.

El ambiente depositacional de la Formación Zambrano corresponde a marino muy somero y a depósitos de relleno de canal con abundante cantidad de conchas transportadas y mezcladas con fragmentos redondeados de chert y lodolitas; esta unidad también parece estar asociada con ambientes de pantano y lagunares (DUQUE-CARO et al., 1991).

El contacto inferior de la Formación Zambrano con la Formación Jesús del Monte infrayacente es discordante (DUQUE-CARO et al., 1991). El contacto superior de esta unidad no aflora en territorio bolivarenses, por encontrarse cubierto por depósitos cuaternarios.

A la Formación Zambrano, de acuerdo con la microfauna descrita por Petters y Sarmiento (1956) y la estudiada por Duque-Caro et al. (1991), le corresponde una edad del Plioceno inferior. Se puede correlacionar con la Formación Tubará del Bloque de Luruaco y con la Formación Cerrito del Bloque de Sincelejo.

2.3.2.13 Formación Tubará (Ngt)

Fue descrita por Anderson (1926), quien la denominó inicialmente “Tubará Group”, consistente de shales, areniscas arcillosas y cuarzosas en el área del Municipio de Tubará en el Departamento de Atlántico. Posteriormente Bürgl et al. (1955) redefinieron esta unidad y seleccionaron como sección de referencia la del Arroyo Saco (Atlántico). En el Departamento de Bolívar los mejores afloramientos de la Formación Tubará se localizan a lo largo de la carretera Villanueva – San Estanislao.

La unidad está constituida por areniscas de grano medio a grueso, cuya composición es cuarzo, feldespato y líticos (chert, limolita y bioclastos), granos angulares a subredondeados, localmente fosilíferas (gasterópodos y bivalvos), en capas gruesas a muy gruesas, planas-paralelas, con abundantes bioclastos, interestratificadas con arcillolitas, lodolitas grises a verdosas y bioclastos con moluscos. Hacia la base se alternan areniscas conglomeráticas y conglomerados polimícticos con fragmentos hasta de 10 cm, pero con predominio de tamaños entre 1 y 3 cm, de cuarzo lechoso, limolitas silíceas, chert negro y rocas ígneas (gabros, riolitas, pórfidos andesíticos, dacitas, tobas), embebidos en una matriz arenosa, en capas planas, con estratificación cruzada y costras ferruginosas lenticulares. El espesor máximo de esta unidad en el Departamento de Bolívar se calcula

en unos 100m, pero en el Departamento de Atlántico varía de 145 a 206m (REYES y ZAPATA, 1996).

Por comparaciones con estudios en la región de Tubará en la Plancha 17 (ANDERSON, 1926, 1929; ROYO y GOMEZ, 1942; VAN DER HAMMEN, 1958; VAN DER BOLD, 1966 (en DE PORTA, et al., 1974); GERMERAAD et al., 1968), se estima que la Formación Tubará es de ambiente marino somero (BÜRGL, et al., 1955; REYES y ZAPATA, 1996; REYES et al., 1997).

Regionalmente la Formación Tubará se encuentra reposando discordantemente sobre la Formación Hibácharo y el contacto superior también es discordante con la Formación Rotinet. Buena parte de la Formación Tubará se presenta cubierta por depósitos cuaternarios.

Diferentes autores, por estudios paleontológicos han considerado la Formación Tubará como del Mioceno: Royo y Gómez (1950) la ubica en el Mioceno medio; Bürgl, et. al. (1955) le asignan una edad del Mioceno inferior; Redmond (1953) la ubica en el Mioceno medio a superior, edad aceptada por Van Der Hammen (1958); Bürgl (1961) y Zimmerle, 1968 (en DE PORTA, et al., 1974) con base en estudios de microfósiles le asignan un rango entre el Mioceno superior y Plioceno (REYES y ZAPATA, 1996; REYES et al., 1997). Esta unidad se correlaciona litológicamente con la Formación Zambrano del Bloque del Carmen de Bolívar y en parte con la Formación Cerrito de los bloques de Sincelejo y San Jerónimo (GUZMÁN et al., 1995)

2.3.2.14 Gravas de Rotinet (Qpr)

Este término fue utilizado por Link, 1927 (en DE PORTA et al., 1974) para designar un abanico formado por fragmentos y bloques de rocas ígneas, calizas y chert negro que se extiende en los alrededores de la Ciénaga del Guájaro, Departamento de Atlántico y que afloran también en inmediaciones de los corregimientos de Rotinet y Aguada de Pablo, de los municipios de Repelón y Sabanalarga, respectivamente. Esta unidad está bien expuesta en el sector Norte del Departamento de Bolívar en los alrededores de las poblaciones de Tubará, Arjona, Turbaco, Las Piedras y San Estanislao.

Se levantó una sección compuesta, en canteras activas y abandonadas aledañas a la carretera Luruaco-Rotinet, donde se identificaron tres segmentos estratigráficos: el inferior consistente en gravas de cuarzo, chert, limolitas, rocas volcánicas y neises, en capas muy gruesas, cuneiformes, con estratificación en artesa, con intercalaciones de arenas finas y gruesas a conglomeráticas, dispuestas en lentes. El segmento intermedio está conformado por arenas de grano fino y medio, cuarzosas a sublíticas, muy deleznable, en capas delgadas a gruesas, con estratificación cruzada; se intercalan niveles de gravas, compuestas

de fragmentos entre 1 y 5 cm de cuarzo lechoso, limolitas, areniscas y chert, en capas cuneiformes. El segmento superior consta de gravas con fragmentos entre 1 y 50 cm de diámetro de cuarzo, limolitas, chert y rocas volcánicas, en matriz arenosa, mal seleccionadas, en capas muy gruesas; hay intercalaciones de arenas de grano fino a ligeramente conglomeráticas, sublíticas, de moderada selección, estratificación cruzada, en capas gruesas, cuneiformes. El espesor medido en esta sección es de 41 m, pero su espesor máximo se calcula en 150 m (REYES y ZAPATA, 1996).

Las características físicas como la granulometría, las estructuras internas, la geometría de las capas, así como la ocurrencia en paleovalles, sugieren un ambiente de depósito fluvial, relacionado con paleocursos del Río Magdalena (REYES y ZAPATA, 1996).

La Unidad Gravas de Rotinet en áreas adyacentes en el Departamento de Atlántico, descansa discordantemente sobre las formaciones Hibácharo y Tubará (REYES y ZAPATA, 1996), mientras en territorio bolivarense su contacto inferior presenta discontinuidad estratigráfica con las formaciones San Cayetano, Arjona y Bayunca, y su contacto superior con la Formación La Popa es aparentemente conforme. En general se encuentra cubierta por grandes depósitos de llanura aluvial.

En el estudio de Caro et al. (1985) se menciona el hallazgo de restos de vertebrados en la cantera Barrera al Occidente de Rotinet que, según el paleontólogo C. Villarroel, corresponde a un Haplomastodón Waringi, especie de mastodonte suramericano, que vivió durante el Pleistoceno. De acuerdo con las relaciones estratigráficas de la Unidad Gravas de Rotinet, se podría asignar edad del Pleistoceno inferior (REYES y ZAPATA, 1996). Cronológicamente esta unidad se puede correlacionar con la Unidad Gravas de Arroyo Grande en el Cinturón del Sinú.

2.3.2.15 Depósitos de Llanura Aluvial (Q1a1)

Estos depósitos se extienden ampliamente al Norte del Cinturón de San Jacinto y cubren buena parte de las unidades litoestratigráficas allí presentes. En general esta unidad está constituida principalmente por depósitos de llanura aluvial, llanura de inundación, fluviales de canal, coluvio-aluviales, depósitos de orillales y fluviolacustres de ciénagas y pantanos, los cuales están estructuralmente relacionados con el régimen fluvial a través del Canal del Dique y del Río Magdalena.

2.3.3 Subregión del Sinú

La región del Sinú se localiza al Norte del Departamento de Bolívar, donde ocupa buena parte de los territorios municipales de Cartagena, Tubará, Turbaco y Santa Rosa. También se conoce en la literatura geológica como el Cinturón del Sinú. El sector Norte de la subregión del Sinú se ha denominado Anticlinorio de Turbaco (REYES et al., 1996). Y en

el cual afloran las unidades litoestratigráficas Arjona, Bayunca, Gravas de Rotinet, Arroyo Grande y La Popa, con edades del Neógeno al Cuaternario (Pleistoceno). Figura 7.

En el área del Cinturón del Sinú es común encontrar un drenaje radial característico, debido a la presencia de empujes verticales o de volcanismo de lodo, que afecta las unidades de este Cinturón.

2.3.3.1 Formación Arjona (PgNga)

Unidad descrita originalmente por Anderson (1926), quien la denominó “Arjona Group”. Posteriormente Camacho-Caro y Valdiri (1968) redefinen esta unidad al Norte y Nororiente de Arjona, donde establecen dos miembros: el inferior constituido por lodolitas y areniscas, y el superior conformado por un predominio de areniscas. Esta unidad está ampliamente distribuida en una franja de dirección NE que comprende desde el sitio Rocha (Plancha 30) al Suroccidente hasta la localidad de Loma de Arena (Plancha 23) al Nororiente. En general posee varias secciones de referencia.

En la sección Cuatro Caminos-Chiquito o por la carretera Turbaco-Caserío Chiquito (Plancha 30), la Formación Arjona está constituida en su parte inferior, por lodolitas grises a amarillentas, en capas delgadas y areniscas arcósicas de grano fino y grueso, color amarillo ocre, cemento silíceo, en capas medianas; niveles de caliza micrítica, gris amarillenta, en capas medianas, masivas; areniscas de grano grueso a conglomeráticas y conglomerados líticos, en capas gruesas; se presenta un nivel de chert, crema a blanco. La parte intermedia se compone de lodolitas grises, calcáreas, laminadas, en capas delgadas y medianas, con algunas intercalaciones de areniscas cuarzosas, grises, selección moderada, en capas delgadas y calizas micríticas, gris oscuras, en capas medianas, onduladas. La parte superior consta de una alternancia de areniscas lodolíticas y en menor proporción calizas. Es frecuente en toda la secuencia la presencia de yeso, bien rellenando fracturas o en capas hasta de 5 cm de espesor. El máximo espesor de la unidad, en esta sección, es de 2.500 m, pero existe un fallamiento que puede estar exagerándolo.

Los sedimentos de esta unidad se depositaron en ambiente marino profundo a somero; las capas no tienen continuidad lateral, hay relleno de canales con material clástico, se observa alta bioturbación y destrucción severa de las estructuras sedimentarias primarias; hacia la base se encuentran sedimentos pelágicos y hemipelágicos con abundante materia orgánica, restos de plantas, estructuras de derrumbe, lo que hace pensar en un posible depósito de plataforma continental, afectada por movimientos tectónicos que eventualmente darían origen a flujos por gravedad probablemente en una zona de quiebre de pendiente (REYES et al., 1994).

El contacto inferior de la Formación Arjona no se conoce, mientras el superior es discordante con las formaciones Rotinet y La Popa. En el sector oriental se encuentra en contacto fallado con la Formación San Cayetano, a través del trazo de las fallas La Gloria, Villanueva y El Totumo.

A la Formación Arjona le han asignado diferentes edades, así: Mioceno (ANDERSON, 1929), Oligoceno superior (BÜRGL, 1961) y Mioceno medio-Plioceno inferior (ANGEL et al., 1985). En la Plancha 29-30, se determinó una edad del Oligoceno superior-Mioceno, siendo representativa para esta unidad (REYES et al., 1996). La Formación Arjona es correlacionable con la Formación Carmen del área del Carmen de Bolívar, con la Formación Porquera del área de Montería y con la Formación Las Perdices del área de Luruaco.

2.3.3.2 Formación Bayunca (Ngb)

La primera publicación de esta unidad se debe a Germeraad, et al. (1968), quienes la denominaron “Bayunca Clay”, cuyo nombre proviene de la localidad de Bayunca, Departamento de Atlántico, donde al parecer fue definida la unidad. Como sección de referencia se escogió la cantera a Manzanillo. En el territorio bolivarense la unidad está bien expuesta y ocupa parte del área de los municipios de Cartagena y Santa Catalina, donde presenta una morfología suave y ondulada, con elevaciones inferiores a los 100 m.

La unidad en la sección de referencia, consta en su parte inferior de areniscas de grano fino a muy fino, ligeramente feldespáticas, con escasos líticos, presentan laminación interna plana paralela, en capas delgadas, interestratificadas con limolitas y areniscas grises, con laminación interna ondulosa paralela, en capas delgadas y medianas; con algunos niveles de limolitas que presentan concentraciones de foraminíferos, bivalvos y gasterópodos (Turritellas), mientras en otros se encuentran nódulos de areniscas calcáreas, de grano fino. En la parte intermedia se encuentra una alternancia de areniscas de grano fino, en capas delgadas y limolitas arcillosas, con concentración de moluscos y nódulos de areniscas calcáreas; en la parte superior de la secuencia, aumentan el espesor de las capas de arenisca, las cuales presentan estratificación cruzada en artesa a gran escala y estructuras de derrumbamiento y hacia el techo se encuentran capas de areniscas de grano grueso a conglomeráticas, con fragmentos tamaño guijos, en capas medianas y gruesas. El espesor de la unidad por estar plegada y fallada, puede variar entre 220 y 500 m (REYES et al., 1996).

Esta unidad se formó en una zona intermareal entre “offshore” y “shoreface”, ya que muestra características de sedimentación con canales y abundante concentración de conchas, en otras partes hay areniscas relleno de canales abandonados y en otros sitios se encuentran contactos erosionales en canales, formados en zona de mareas. También existe una alta bioturbación, un transporte de conchas de pelecípodos, orientadas a lo largo de la

estratificación cruzada, pero también las hay que yacen en posición de vida. Esto hace pensar en depósitos en zona de mareas (REINECK, 1967; THOMPSON, 1975; WEIMER et al., 1992).

El contacto inferior de la Formación Bayunca no ha sido bien determinado con la Formación Arjona, mientras su contacto superior es discordante con las formaciones Arroyo Grande, Rotinet y La Popa. Parcialmente está cubierta por depósitos cuaternarios.

Según estudios faunísticos efectuados por Duque-Caro (1967) a esta unidad le corresponde una edad del Mioceno inferior y medio (Plancha 23). En la Plancha 29-30 se determinaron faunas con rango desde el Mioceno superior al Plioceno. Por tanto a la unidad se le ha asignado un rango de edad entre el Mioceno y Plioceno (REYES et al., 1996). Se correlaciona con las formaciones Tubará y Zambrano.

2.3.3.3 Formación Rotinet (Qpr)

Esta unidad fue denominada como Gravas de Rotinet por Link, 1927 (en DE PORTA et al., 1974) para referirse a un abanico formado por fragmentos y bloques de rocas ígneas, calizas y chert, que se extiende por los alrededores de la Ciénaga Guájaro, Departamento de Atlántico. La Formación Rotinet aflora en el área del Cinturón del Sinú al Norte de la población de Piedras, en los alrededores de Arjona, Turbaco y Tubará y también aflora en la Isla de Barú. Se hicieron dos secciones de referencia que se describen a continuación.

En la sección Turbaná-Turbaco, la unidad está constituida por arcillolitas de coloración rojiza a amarillenta por meteorización, con intercalaciones de areniscas de cuarzo, de grano fino, masivas y deleznales, en capas medianas y gruesas; con interstratificaciones de arcillolitas calcáreas.

La Formación Rotinet en la sección Pasacaballos - Hacienda El Chorro, está caracterizada por areniscas de cuarzo, de grano fino, de color rojizo por meteorización, con intercalaciones de arcillolitas grises; en la parte superior aparecen areniscas gravosas y gravas, con estratificación cruzada y planar y en artesa a gran escala, con intercalaciones de arcillolitas rojizas por meteorización; sobre la anterior secuencia reposan calizas arrecifales lodosas de la Formación La Popa. El espesor de la unidad es de 70 m aproximadamente.

La Formación Rotinet reposa discordantemente sobre la Formación San Cayetano y está suprayacida concordantemente por la Formación La Popa.

2.3.3.4 Formación Arroyo Grande (Qpag)

Esta nomenclatura fue utilizada por Reyes et al. (1996) en el informe de las planchas 23, Cartagena y 29-30 Arjona. Su nombre se origina de la población de Arroyo Grande. La

unidad aflora en los alrededores de la población de Arroyo Grande en el extremo Norte del Departamento de Bolívar.

La unidad en la sección Balastrea de Arroyo Grande, está compuesta en su parte inferior por gravas de guijos (0.5-6.0 cm), con predominio de tamaño de 1.5 cm, subredondeados y redondeados, bien seleccionadas, con areniscas conglomeráticas y conglomerados arenosos de grano muy grueso a guijo, dispuestos en capas gruesas a muy gruesas, planas paralelas a subparalelas y capas delgadas de lodolitas grises. La parte superior consta de areniscas ligeramente conglomeráticas, de grano grueso a guijo, intercaladas con conglomerados de guijos (1 - 2 cm), en capas gruesas y muy gruesas, planas a onduladas paralelas, con estratificación cruzada, presenta intercalaciones de capas lenticulares de lodolitas gris oscuras. En esta sección se midieron 50 m; sin embargo, el espesor puede ser un poco mayor (REYES et al., 1996).

La Formación Arroyo Grande en el área de la Plancha 23-Cartagena, yace discordantemente sobre la Formación Bayunca y se encuentra suprayacida por depósitos cuaternarios.

Por la escasa consolidación de sus gravas y arenas componentes, se asume como una unidad joven, además por comparación litológica con la Formación Rotinet y su posición estratigráfica sobre la Formación Bayunca (Mioceno-Plioceno), se considera para la Formación Arroyo Grande una edad del Pleistoceno sin mayor precisión. Se correlaciona con la Formación Rotinet.

2.3.3.5 Formación La Popa (Qpp)

La primera referencia de esta unidad se tiene de Anderson (1926) como “La Popa Group”, pero como Formación La Popa fue utilizado por Bürgl (1957) para referirse a los estratos que forman el Cerro La Popa en Cartagena. Aflora al Occidente de la Plancha 23, en los alrededores de las poblaciones de Ballestas, Turbaná, Turbaco, en las Islas de Barú y Tierra Bomba, al Sur de Albornoz y en el área metropolitana de Cartagena. Esta unidad cuenta con varias secciones de referencias.

La unidad en la sección de referencia del casco urbano de Cartagena, está constituida por una secuencia donde los primeros 25 m consisten de calizas arrecifales en capas medianas y gruesas, interestratificadas con capas areno-lodosas que contienen abundantes fragmentos de moluscos (bivalvos, gasterópodos), equínidos y corales suprayaciendo el nivel anterior hay un conjunto de 50 m de lodolitas calcáreas, grises, muy fosilíferas, en capas variables de 3 a 7 m de espesor, con intercalaciones lenticulares de areniscas grises, calcáreas y niveles de biohermas de corales. El conjunto superior tiene 40 m de espesor, de los cuales 25 m constan de calizas arrecifales, con delgadas intercalaciones de arcillolitas grises y los 15 m restantes hacia el techo, están compuestos de limolitas calcáreas, calizas bioclásticas

y arcillolitas rojizas y grises con areniscas, en capas gruesas a muy gruesas (1-3 m). El espesor de la unidad es variable y en el área de Cartagena es de 125 m, también puede alcanzar 100 m o más en el área de Turbaco, mientras al Oriente de Pasacaballos es inferior a 40 m.

En algunos sitios donde aflora esta unidad se pueden reconocer construcciones de biohermas coralinas o arrecifes completos, donde se observan claramente las diferentes etapas de crecimiento del arrecife, así como migraciones laterales en las etapas de desarrollo del cuerpo coralino. Esto hace pensar en arrecifes formados en una plataforma submarina, con una pendiente muy suave y por debajo del nivel de base de las olas, un área con poco aporte de sedimentos, aguas claras y temperaturas entre 20°C y 25°C, que permiten el desarrollo de estos cuerpos calcáreos (BOUMA, 1969; JAMES, 1983).

La Formación La Popa reposa discordante sobre la Formación Arjona al Norte de Turbaco y en el área de Arjona, y sobre la Formación Bayunca en el área costera entre Pasacaballos y Albornoz. En el área de Turbaco se encuentra concordante sobre la Formación Rotinet. El techo está suprayacido, en contacto paraconforme, por depósitos semiconsolidados aluviales y marinos recientes.

Se han determinado diferentes edades para la Formación La Popa, que oscilan entre el Mioceno y el Pleistoceno. Inicialmente Anderson (1926) la consideró del Plioceno, Link (1927) le asigna edad del Pleistoceno inferior, Royo y Gómez (1950) la compara con calizas del Mioceno superior, Solé De Porta (1960) señala la posibilidad del Plioceno-Pleistoceno, Duque-Caro (1967) encontró fauna del Pleistoceno. Reyes et al. (1996) la dataron indirectamente como del Pleistoceno. Correlaciones de La Formación La Popa no se conocen con exactitud.

2.3.3.6 Depósitos de Llanura Aluvial (Qlal)

Los depósitos recientes del Cinturón del Sinú se presentan asociados a las zonas más bajas formando morfologías planas a muy ligeramente onduladas, ocupando una gran extensión. Por estas características morfológicas y por la ausencia casi total de escarpes se hace difícil e imprecisa su descripción. Se denominan así aquellos depósitos recientes localizados en el área de influencia del Canal del Dique, de poco espesor y formados por material de arenas finas y arcillas. Dentro de esta unidad cuaternaria de depósitos de llanura aluvial, debido a la escala del mapa, se incluyen además, depósitos de llanura de inundación, compuestos principalmente por materiales finos tipo arcillas o limos, producto de las fluctuaciones invierno-verano que aportan material a la zona de inundación; depósitos coluvio-aluviales de extensión restringida ya que en parte están cubiertos por depósitos de llanura de inundación, están constituidos principalmente por gravas y bloques de rocas sedimentarias, con una matriz arenosa; depósitos de playa del Mar Caribe, compuestos por arenas de playa de grano fino, de cuarzo, con minerales pesados de color gris oscuro (magnetita, micas) y la

presencia de conchillas, y depósitos de llanura costera, los cuales son resultado de un régimen de depósito progradante en la costa del Mar Caribe. Los depósitos de llanura costera se dividen en orgánicos y clásticos, los primeros son de dos tipos, los llamados de manglares y los depósitos asociados al crecimiento de corales.

TECTÓNICA

En el área del Departamento de Bolívar, se han diferenciado varias unidades estructurales regionales, las cuales constituyen un mosaico de bloques tectónicos. Estas unidades estructurales mayores, se denominan en esta memoria como provincias tectonoestratigráficas, cada una de éstas con características estratigráficas y estructurales propias. Estas provincias son: Magdalena Medio, San Lucas, San Jorge-Plato, San Jacinto y Sinú (Figura 8). Estas provincias han sido afectadas por diferentes eventos tectónicos distensivos y compresivos.

3.1 PROVINCIA DEL MAGDALENA MEDIO

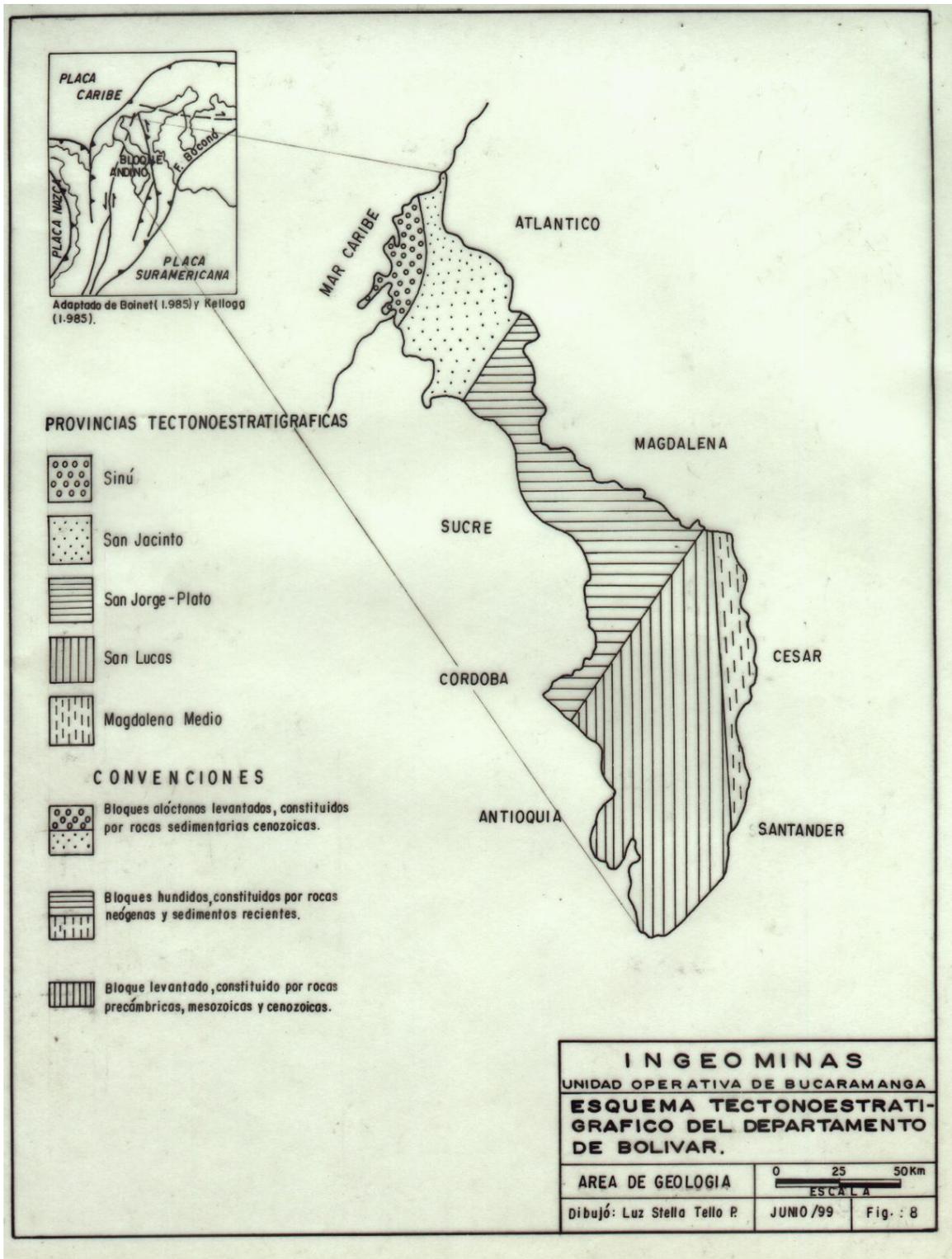
Esta provincia se localiza en el extremo noroccidental de la Cuenca del Valle Medio del Magdalena, la cual forma parte del graben del Río Magdalena, que es una estructura con extensión morfológica definida y reconocida inicialmente por Hettner (1892) y Weiske (1938). Posteriormente ha sido estudiada por Estrada (1972), Mojica y Macía (1981), Macía, et al. (1985), , Mojica y Franco (1992), entre otros autores.

La Provincia del Magdalena Medio se encuentra limitada al Norte por el Sistema Falla Murrucucú, al Oriente por el Sistema de Falla Santa Marta-Bucaramanga, al Occidente por el Sistema de Fallas Palestina-Mulatos-Morales y al Sur por el Sistema de Falla La Salina.

Esta Provincia se caracteriza por presentar fallas longitudinales (SW-NE) y transversales (SE-NW), la mayoría están enmascaradas por una cobertera cuaternaria, pero que han sido reconocidas en el subsuelo, por estudios geofísicos. Entre los rasgos tectónicos se describen las fallas de Morales, Aguachica y Tamalameque (Figuras 9 y 10).

3.1.1 Falla Mulatos Morales

Es una falla regional de una longitud aproximada de 92 km, localizada al SE del Departamento, con un trazo rectilíneo de dirección NNW, que controla el cauce del Brazo Morales del Río Magdalena, de donde deriva su nombre compuesto de Mulatos-Morales (CLAVIJO, 1995), aunque en la literatura geológica es conocida como Falla Occidente del Río Magdalena y corresponde con la prolongación NNW de la Falla Mulatos (ETAYO et al., 1983); es considerada una falla normal con inclinación hacia el Oriente, con posibles



FALLAS

- FM Falla Mamonal
- FCC Falla Cuatro Caminos
- FVT Falla Villanueva- El Totumo
- FL Falla Luruaco
- FEB Falla del Banco
- FLa Falla Laguna
- FT Falla Turbaná
- FBA Falla Buenos Aires
- FG Falla La Gloria
- FMo Falla de Molinero
- FB Falla de Bolívar
- FLi Falla El Limón
- FMLB Falla María La Baja
- FMa Falla Majagual
- FH Falla Huamanga
- FEP Falla El Playón
- FR Falla de Rocha

LINEAMIENTOS

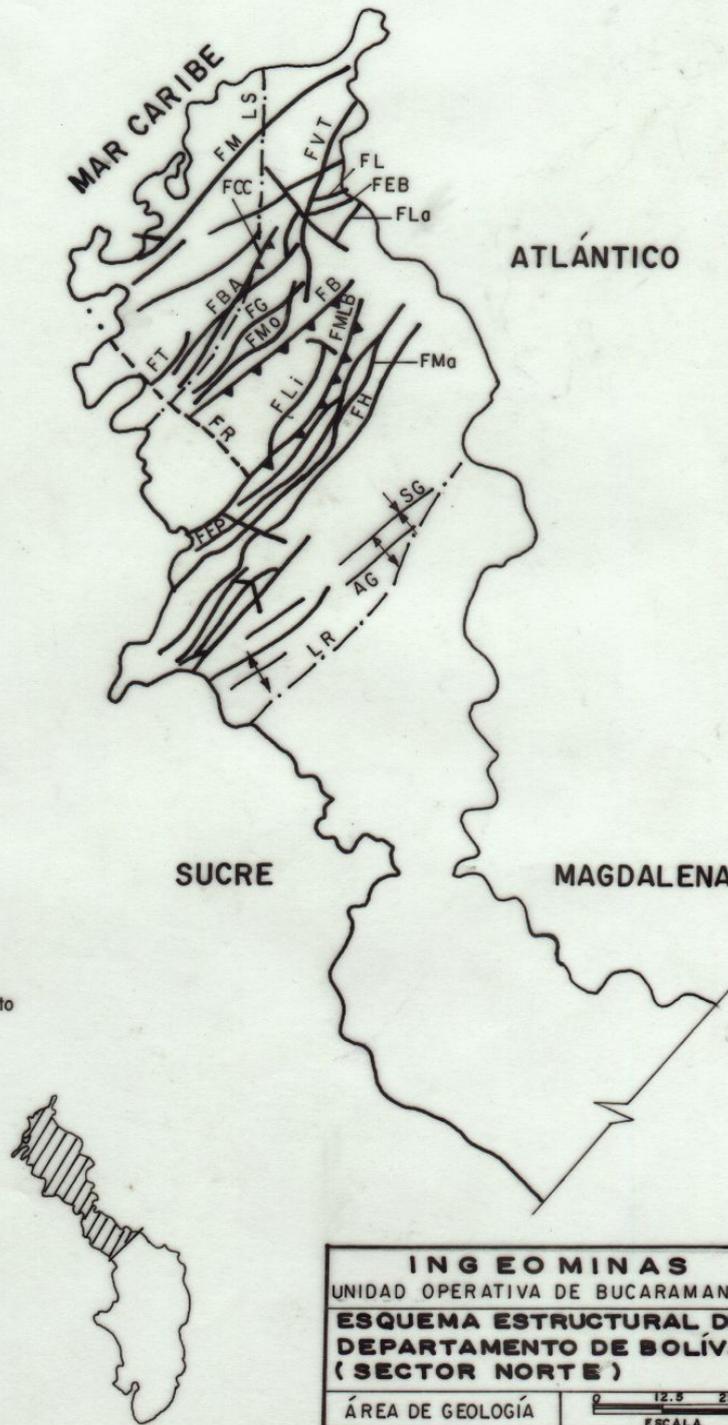
- LR Lineamiento de Romeral
- LS Lineamiento del Sinú

PLIEGUES

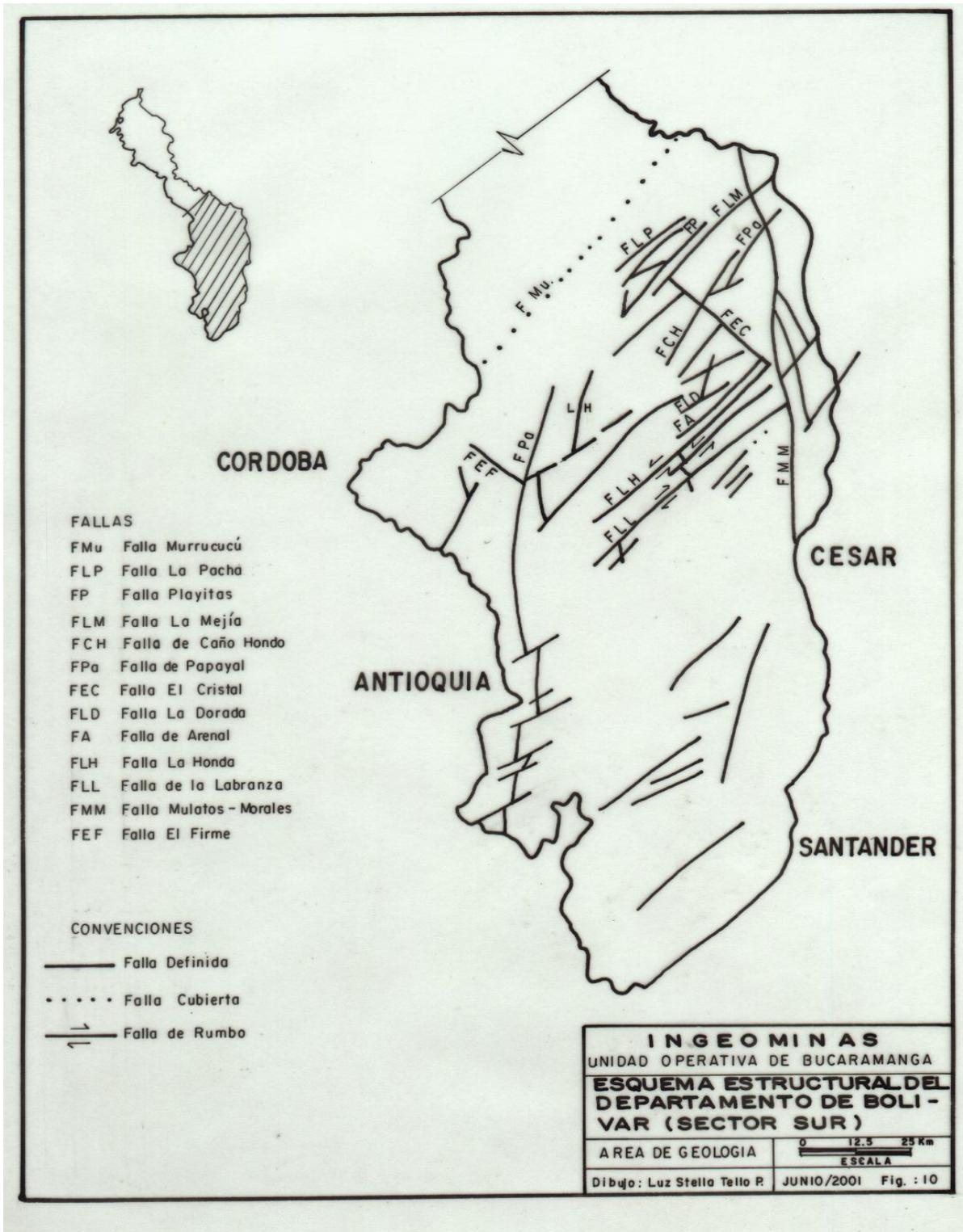
- SG Sinclinal El Guamo
- AG Anticlinal El Guamo

CONVENCIONES

- Falla Definida
- - - - - Falla Inferida
- Falla Cubierta
- ▲▲▲▲ Falla de Cabalgamiento
- · - · - Lineamiento
- ↕ Anticlinal
- ↘ Sinclinal



INGEOMINAS		
UNIDAD OPERATIVA DE BUCARAMANGA		
ESQUEMA ESTRUCTURAL DEL DEPARTAMENTO DE BOLÍVAR (SECTOR NORTE)		
ÁREA DE GEOLOGÍA	 ESCALA	
Dibujo: Luz Stella Tello P.	JUNIO/2001	Fig: 9



reactivaciones a falla inversa. Al Norte de la Plancha 65 (ROYERO, 1994), esta falla limita rocas metamórficas precámbricas al Occidente, de rocas volcanoclásticas jurásicas al Oriente. En general se encuentra desplazada por varias fallas de dirección SW-NE, provenientes de la Provincia de San Lucas. Esta falla es subparalela a la Falla Palestina.

3.1.2 Falla Aguachica

Esta falla cruza por el sector oriental del Municipio de Rioviejo en la Plancha 65 (ROYERO, 1994) con una longitud de unos 17 km en dirección SE-NW y un trazo rectilíneo que en parte controla el cauce del Río Magdalena. Es la prolongación noroccidental de la Falla Aguachica en la Plancha 75 (CLAVIJO 1995). Se trata de una falla inversa, buza al NE, con un ángulo alto de inclinación; se presenta truncada por la Falla Mulatos Morales y está cubierta por grandes depósitos cuaternarios.

3.1.3 Falla Tamalameque

En territorio bolivarense tiene una longitud de 15 km, una dirección SE-NW y un trazo rectilíneo que controla parte del cauce principal del Río Magdalena, donde muestra un marcado lineamiento. Se considera una falla normal, inclinada al NE. Está truncada por la Falla La Mejía de dirección SW-NE (ROYERO, 1994); a la vez trunca las fallas de Papayal y El Piñal, de dirección NE y aparece debajo de la cobertera cuaternaria del Valle Medio del Magdalena y ha sido reconocida con ayuda de las imágenes de satélite.

3.2 PROVINCIA SAN LUCAS

Esta provincia se encuentra localizada en el extremo Sur del Departamento de Bolívar y corresponde en parte, con el denominado “San Lucas fault block” de Cediell y Cáceres (1988); está limitada por la Falla Morales al Oriente y por la Falla Palestina al Occidente; se trata de una provincia levantada, autóctona (MENDOZA et al.,1997), ligeramente deformada y basculada hacia el Oriente. En general está caracterizada principalmente por fallas normales, en tres direcciones SW-NE, SE-NW y NS, y se encuentra conformada por rocas metamórficas proterozoicas; volcanoclásticas y plutónicas jurásicas; sedimentarias del Triásico al Jurásico, y algunos remanentes de rocas sedimentarias del Cretácico. Entre los principales rasgos estructurales de esta provincia se destacan las fallas de Palestina, Santa Rosa - Coroncoro, La Honda, Arenal y La Dorada - La Gloria, El Piñal y otras menores (Figuras 9 y 10).

3.2.1 Falla Palestina

Es una falla regional de gran extensión (FEININGER, 1970), que en el territorio del Departamento de Bolívar tiene una longitud de 120 km, con dirección predominante NS a N10°E y cuyo trazo es rectilíneo; se trata de una gran falla de rumbo, con desplazamiento dextralateral y aparentemente se le ha establecido una edad del Aptiano-Albiano

(FEININGER, 1970). Está desplazada por varias fallas menores de dirección SW-NE y se encuentra truncada por la Falla Murrucucú que también tiene dirección SW-NE localizada en la Provincia de San Jorge-Plato.

3.2.2 Falla Santa Rosa-Coroncoro

Corresponde a un sistema de fallas escalonadas en el sector Sur de la Serranía de San Lucas, que se desprenden de la Falla de Palestina en cercanías de la Quebrada Chicamoque afluente del Río Tiqui (KASSEM y ARANGO, 1977). Esta falla se extiende por una longitud de 110 km, aunque su trazo no es continuo; su dirección predominante es SW-NE. Afecta rocas volcanoclásticas del Jurásico y sedimentarias cretácicas. Su evolución es compleja ya que en partes se comporta como un sistema de fallas normales; mientras en otras, es de carácter inverso, con ángulo alto de inclinación y buzamiento al NW; controla un tramo del cauce del Río Magdalena, al SW de Morales en la Plancha 75 (CLAVIJO et al., 1994).

3.2.3 Falla La Honda

Es una falla extensa e importante del grupo de fallas con dirección predominante SW - NE, tiene una longitud de 72 km. Se trata de una falla normal, reactivada posteriormente con un juego dextralateral; además, se comporta como una falla inversa, de ángulo alto de inclinación, con buzamiento hacia el SE (CLAVIJO, 1995). A lo largo de su trazo afecta rocas volcanoclásticas del Jurásico y sedimentarias del Cretácico.

3.2.4 Fallas Arenal y La Dorada- La Gloria

Estas dos fallas se unen y forman una sola en el curso superior de la Quebrada Arenal (Plancha 74). Las fallas Arenal y La Dorada-La Gloria tienen una longitud de 75 km aproximadamente, controla el curso del Brazo Morales que después de traer una dirección NS a NW, vira bruscamente hacia el NE-E (CLAVIJO, 1995). Es una falla normal con reactivación a falla de rumbo con movimiento dextralateral.

3.2.5 Falla El Piñal

Se trata de una falla de longitud aproximada de 64 km, con una dirección SW-NE, que se caracteriza por un trazo rectilíneo. Es una falla normal, de ángulo alto de inclinación y buzamiento al SE. Afecta rocas volcánicas y plutónicas de edad jurásica; desplaza las fallas de Cristal, Cuatro Bocas, Brazo Papayal y Mulato- Morales (ROYERO, 1994). Al NE en la Provincia del Magdalena Medio está truncada por la Falla Tamalameque.

3.2.6 Otras fallas

Existen otras fallas de importancia regional en la Provincia de San Lucas y muchas de éstas corresponden al sistema de Falla Palestina (FEININGER, 1970). En general tienen

dirección SW-NE y algunas SE-NW y NS. Entre las más importantes se destacan las siguientes: La Labranza, La Mejía, Cuatro Brocas, Santa Rosa, Brazo Papayal, Playitas, La Riqueza y La Pacha, entre otras.

3.3 PROVINCIA DE SAN JORGE - PLATO

Ocupa una gran extensión en el sector central del territorio bolivarenses y forma parte de la cuenca del Valle Inferior del Magdalena, que es una región considerada estable o de plataforma (DUQUE-CARO, 1980). Se trata de una provincia compuesta por las subcuencas de San Jorge y de Plato, las cuales están separadas por el paleoalto o arco de Magangué (LUNA, et al., 1995). La primera es una subcuenca hundida, tipo graben, afectada por un fallamiento normal, generado por una dinámica distensiva, colmada por sedimentos del Mioceno y Holoceno, estos últimos enmascaran su estructura en superficie. La subcuenca de Plato consiste en una depresión grande y profunda dentro de la plataforma, rellena de sedimentos de 7 km o más de espesor, según Duque-Caro (1980); está catalogada como una cuenca de desgarramiento continental y se encuentra en el área de convergencia de las placas Caribe, Suramericana y Farallones (BALLESTEROS y TRUJILLO, 1990). La Provincia de San Jorge - Plato corresponde con el supraterrano geológico del mismo nombre (ETAYO et al., 1983) y se encuentra limitada al Suroriente por la Falla Murrucucú y al Noroccidente por el Lineamiento de Romeral (Figura 8).

3.3.1 Falla Murrucucú

Esta falla constituye el límite entre la Provincia San Jorge - Plato y las provincias de San Lucas y del Magdalena Medio, presenta una longitud de unos 80 km, un trazo rectilíneo, con una dirección predominantemente SW - NE. Ha sido interpretada como una falla inversa, de ángulo alto de inclinación, con buzamiento hacia el SE. Probablemente se desprende del sistema de Falla de Romeral con una dirección SW - NE hasta su intersección con la Falla Santa Marta - Bucaramanga (ROYERO et al., 1999). Se le asigna edad del Jurásico superior por afectar rocas volcanoclásticas (Jurásico inferior-medio) y también puede estar genéticamente relacionada con cuerpos plutónicos a finales del Jurásico (IRVING, 1971).

3.3.2 Lineamiento de Romeral

Este rasgo estructural atraviesa el área del Departamento de Bolívar en su sector Norte, tiene una longitud de 75 km aproximadamente y una dirección variable de SW-NE a SE-NW. Este lineamiento bordea la Provincia de San Jorge - Plato por su costado noroccidental, su trazo se ubica sobre unidades sedimentarias del Neógeno y depósitos cuaternarios, aunque no se observan mayores evidencias de su trazo superficial, los registros gravimétricos y sísmicos si evidencian su existencia (CLAVIJO et al., 1996). En

imágenes de satélite es claro su trazo, inclusive es evidente el control que ejerce en el sector más septentrional del Río Magdalena (REYES Y CAMARGO, 1995).

3.4 PROVINCIA DE SAN JACINTO

Esta unidad estructural corresponde con el Cinturón de San Jacinto y marca el límite oriental del Terreno Sinú - San Jacinto (DUQUE-CARO, 1980, 1984). Está localizada adyacente a la plataforma y limitada entre los lineamientos estructurales de Romeral al Oriente y Sinú al Occidente (DUQUE-CARO, 1980) y se presenta orientada al SW-NE. En general se encuentra constituida por una faja sedimentaria plegada y fallada, de unos 5.000 m de espesor (CLAVIJO, 1996) y forma parte de un prisma de acreción plegado y fallado por la acción de esfuerzos compresivos, como consecuencia de la convergencia entre las placas tectónicas del Caribe y Suramericana (DUQUE-CARO, 1984; TOTO and KELLOGG, 1992).

El estilo de fallamiento, la orientación de las estructuras, la topografía y la estratigrafía en territorio bolivarenses, permiten diferenciar dos segmentos limitados por plegamientos regionales de dirección EW a SE-NW, denominados Anticlinorio de San Jacinto y Anticlinorio de Luruaco. El fallamiento reconocido allí es inverso con vergencia al Occidente y un rumbo NS a SW-NE, desplazado por un sistema transversal SE-NW, con movimientos sinestrales. El plegamiento tiene un rumbo similar al del fallamiento inverso. En esta memoria se describen las estructuras más importantes de esta Provincia (Figura 8).

3.4.1 Anticlinorio de San Jacinto

Esta estructura se localiza entre los lineamientos de Sinú y Romeral, Falla de Sucre y al Norte el Lineamiento del Dique. Es la unidad estructural con mayor deformación como resultado de la dinámica de numerosas fallas inversas, con vergencia hacia el Occidente, dirección SW-NE, asociadas a pliegues muy estrechos y con longitudes no mayores a 10 km. El fallamiento de dirección NNW presenta movimiento lateral izquierdo y afecta principalmente rocas del Terciario inferior.

3.4.2 Anticlinorio de Luruaco

Se encuentra ubicado al Norte del Lineamiento del Dique (Canal del Dique), entre los lineamientos de Romeral y del Sinú. Esta unidad estructural difiere litoestratigráficamente del Anticlinorio de San Jacinto principalmente en las unidades del Oligoceno al Holoceno. El fallamiento y plegamiento tiene una dirección predominante SW-NE. Las fallas son inversas con vergencia al Occidente y generalmente están enmascaradas por sedimentos del Mioceno al Holoceno. En el sector oriental se desarrollaron pliegues amplios, simétricos y de considerable longitud, mientras en el sector occidental el fallamiento es inverso. También se presentan fallas con orientación SE-NW, con un desplazamiento lateral izquierdo, algunas con estructuras de arrastre (REYES y CAMARGO, 1995).

3.4.3 Falla El Playón

Está localizada en áreas de las planchas 30, 31 y 37 (REYES et al., 1994; GUSMÁN et al., 1995; REYES et al., 1997), tiene una longitud de 60 km, con orientación SW-NE en su parte meridional y NS en la septentrional. Se trata de una falla inversa, de ángulo alto de inclinación, con un buzamiento promedio de 60° hacia el SE. Se caracteriza por su intenso fracturamiento, microplegamiento, microfallas e inversiones de estratos, los cuales son muy frecuentes.

3.4.4 Falla de Mandinga

Esta falla bordea los flancos occidentales de la Serranía de Capira y el Cerro del Toro en la Plancha 31, (REYES et al., 1997), se extiende por unos 55 km en dirección SW-NE. Es una falla inversa, cuyo plano buza entre 45° y 80° hacia el Oriente y se considera de un desplazamiento vertical cercano a los 1.000 m.

3.4.5 Falla de Huamanga

Esta falla se encuentra localizada al Oriente del Cerro del Toro, tiene una longitud de 80 km y un rumbo SW-NE. Se trata de una falla inversa, que buza entre 45° y 75° hacia el Occidente y se considera asociada y subparalela a la Falla de Mandinga (REYES et al., 1997).

3.4.6 Falla Bonga

Situada entre las cuchillas Arenita y Tigre y pasa por la localidad de Bonga en la Plancha 30 (REYES et al., 1994), tiene una extensión aproximada de 24 km y una orientación variable de N40°E hacia el Sur y N15°E al Norte. Es una falla inversa, con un buzamiento aproximado de 70° al Oriente; presentando además, un débil componente dextralateral.

3.4.7 Falla María La Baja

Se encuentra ubicada al Oriente de Palenque y al Norte cruza cerca de Mahetes, tiene una longitud de 48 km, su rumbo es variable N30°-15°E. Es una falla inversa, con buzamiento entre 60° y 80° al Oriente, pero también tiene una importante componente dextralateral, se constituye en la falla de mayor salto en la Provincia de San Jacinto.

3.4.8 Falla de Las Bongas

Esta falla se extiende a lo largo de la Cuchilla de Mandinga en la Plancha 38 (DUQUE-CARO et al., 1991), tiene una dirección SW-NE y sus buzamientos varían de 50° a 70° al NW; se ha interpretado como una falla inversa, que está asociada al cabalgamiento principal y está desplazada por fallas menores de dirección SE-NW.

3.4.9 Otras fallas

En la Provincia de San Jacinto, además de las fallas anteriormente descritas, existen otras fallas de menor importancia, tales como las de Cristóbal Colón, El Salto, Regeneración, La Escoba, Páramo, El Limón, Laguna, Bolívar y Buenos Aires, entre otras que se encuentran representadas en el mapa geológico.

3.4.10 Anticlinal de El Guamo

Esta estructura de pliegue se presenta a unos 4 km al Oriente de la población de El Guamo, donde afectan rocas de la Formación Rancho y sus flancos buzan muy suavemente entre 5° y 10°. Su eje tiene una dirección N45°E. Este pliegue anticlinal forma parte de la estructura de Tumbaburro (DUQUE-CARO, et al., 1991).

3.4.11 Sinclinal de El Guamo

El eje de esta estructura pasa por la población de El Guamo, con una dirección aproximada N45°E, ligeramente asimétrica con el flanco oriental más empinado que el occidental; su prolongación hacia el Norte no es claramente conocida, es probable que fallas transversales lo estén truncando (DUQUE-CARO et al., 1991).

3.4.12 Anticlinal de Arroyo Hondo

Aparece ubicado en la región más occidental de la Serranía de Pintura, se extiende hacia el Norte hasta la región de Cineagueta. Esta estructura está desplazada por una falla transversal y hacia el Sur aparece truncada por la Falla de Páramo. En general, afecta rocas de la Formación San Cayetano.

3.4.13 Sinclinal de Maco

Se encuentra localizada al Sur de la población de San Cayetano, tiene una dirección aproximada N10°E y en sus flancos afloran las formaciones San Cayetano y Maco. Esta estructura es asimétrica, con el flanco occidental más inclinado que el oriental, lo que permite que las capas de chert de la Formación San Cayetano estén bien expuestas.

3.5 PROVINCIA DEL SINÚ

Provincia situada al Occidente e inmediatamente adyacente a la Provincia de San Jacinto. Corresponde con el Cinturón del Sinú, definido por Duque-Caro (1979) como la segunda cuña sedimentaria acrecida al Terreno Sinú-San Jacinto, del cual está separado por el Lineamiento del Sinú. Está constituida por rocas sedimentarias que van desde el Oligoceno hasta sedimentos aluviales y marinos recientes, que alcanzan hasta 5.000 m de espesor, suprayacidos por facies carbonatadas hasta de 1000 m de espesor. Esta provincia está limitada al Suroccidente por la Falla de El Ramito; al Occidente por el Lineamiento de

Colombia, cuya expresión topográfica es submarina y coincide con el cambio batimétrico entre el talud de la plataforma y la llanura abisal (DUQUE-CARO, 1980), y al Oriente por el Lineamiento del Sinú.

La Provincia del Sinú se caracteriza por presentar sinclinales amplios y suaves, separados por anticlinales estrechos; con rumbo NS a NNE; fallas inversas con rumbo NS-NNE, con vergencia hacia el Noroccidente; fallas de rumbo orientadas NW de tipo sinistral, y fallas menores de dirección NE. Además, registra una potente sedimentación de unos 3.000 m (CLAVIJO, 1996).

El sector Norte de la Provincia del Sinú, comprende el denominado Anticlinorio de Turbaco y estructuralmente se caracteriza por presentar estructuras radiales que constituyen domos y colinas muy características en la región; muchos de éstos se presentan con generación de volcanismo de lodo, formando sinclinales amplios y suaves separados por anticlinales estrechos (DUQUE-CARO, 1984). También es característico otro rasgo estructural, el cual está definido por pliegues, cuyos ejes axiales no tienen una orientación predominante y al parecer son resultantes de inflexiones y posible rotación generada por el movimiento de fallas con dirección SE-NW (CAMARGO, 1995). La actividad neotectónica de esta Provincia se manifiesta en el sector Norte (área de Cartagena) en fallas que afectaron la Formación La Popa del Pleistoceno y en la ocurrencia de volcanismo de lodo, el cual origina estructuras dómicas (REYES y CLAVIJO, 1996).

3.5.1 Lineamiento del Sinú

Es una estructura localizada en el extremo Norte de Bolívar, tiene una orientación que varía de SW-NE a SE-NW, la cual continúa en el Mar Caribe a la altura de Arroyo Grande. Este rasgo estructural se caracteriza por marcar el cambio de estilo estructural entre las provincias de San Jacinto y Sinú (DUQUE-CARO, 1980), es el límite oriental de la ocurrencia de volcanes de lodo (DUQUE-CARO, 1984) y limita los afloramientos de las unidades litoestratigráficas características de cada una de las provincias de San Jacinto y del Sinú.

3.5.2 Falla Mamonal

Esta falla se extiende por unos 60 Km en el área de Mamonal, Arroz Barato, al Oriente de la Bahía de Cartagena y probablemente pasa entre las islas de Barú y Tierra Bomba (REYES et al., 1994; REYES et al., 1995); presenta rumbo N50°E y un buzamiento alrededor de 50° a 60° al SE. El trazo establece un cambio morfológico y a la vez controla la extensión de la Formación La Popa de Albornoz hacia el Oriente, también genera fracturamiento intenso y plegamiento en las rocas de la Formación Bayunca. Su comportamiento es principalmente inverso, pero la disposición de la Formación La Popa,

sugiere una componente de desplazamiento sinistral. Esta falla se prolonga con dirección SW-NE en la Provincia de San Jacinto.

3.5.3 Falla Henequén

Está localizada en la región de Albornoz, presenta una longitud de unos 4 Km aproximadamente, se encuentra truncada por la Falla de Mamonal y su expresión es evidente en las calizas de la cantera de la empresa Colclinker. Se trata de una falla inversa de cabalgamiento, presenta rumbo N75°E y un buzamiento de 25° al SE (REYES et al., 1994).

3.5.4 Falla Pasacaballos

Se extiende por unos 3 Km desde la localidad de Pasacaballos hasta el caserío de Algarrobos donde termina en la Falla Villanueva-El Totumo. Presenta un rumbo N40°E y un buzamiento de 50° al SE. Es una falla inversa que afecta directamente rocas de la Formación Bayunca (REYES et al., 1994; REYES et al., 1995). Esta falla es evidente en el área de Pasacaballos, donde causa inversiones de estratos y numerosos plegamientos pequeños y deformados.

3.5.5 Falla de Rocha

Está localizada en el bloque Norte del segundo segmento de la Depresión del Dique y pasa cerca de la población de Rocha, con rumbo N60°W y buzamiento al SW. Su trazo es inferido y se considera una falla normal (REYES et al., 1994). La proyección al Noroccidente por la Bahía de Barbacoas hasta la Isla Barú, coincide con un cambio topográfico en la Isla y con una mayor área emergida en el bloque Norte.

3.5.6 Falla de Correa

Está ubicada en los alrededores de la localidad de Correa, tiene un rumbo N80°E y buzamiento al Norte. Establece el límite Sur de la Depresión de El Dique. Su comportamiento es de falla normal y junto con la Falla de Rocha conforma una cuña tectónica que se ensancha al Occidente (REYES et al., 1994; GUZMÁN et al., 1995).

3.5.7 Plegamiento de Turbaco

Se encuentra localizado en el área de Turbaco, constituido por dos estructuras anticlinales y dos sinclinales muy estrechos y de extensión aproximada de 7 Km, sus planos axiales son verticales y sus flancos son simétricos con inclinaciones menores a los 15°. Regionalmente conforman pequeñas ondulaciones estructurales desarrolladas en la Formación La Popa (REYES et al., 1994).

3.5.8 Plegamiento de Barú

Está localizado en la Isla Barú, entre la población de Ararca y la Ciénaga Honda; con un sinclinal y un anticlinal de rumbo N50°E, que se extienden por 2 Km. Sus flancos son simétricos, con inclinación menor a los 15° (REYES et al., 1994). Al igual que en Turbaco son ondulaciones estructurales de poca extensión que afectan la Formación La Popa.

3.5.9 Volcanes de lodo

La Provincia del Sinú, especialmente en el Anticlinorio de Turbaco, se caracteriza por presentar estructuras de origen diapírico (YORI et al., 1980; DUQUE-CARO, 1984), que generalmente están relacionadas con fallas normales, de ángulo alto de inclinación. Estas estructuras son denominadas volcanes de lodo y pueden tener como componentes: fluidos de lodolitas o shales, acompañados de gas metano, algo de petróleo crudo y pequeños fragmentos de rocas sedimentarias por las cuales pasa el fluido altamente viscoso. Tienen forma de cúpula de bajo relieve, con alturas que no sobrepasan los 10 m. En el Departamento de Bolívar se encuentran los volcanes de lodo más importantes como son El Totumo, Ternera, Cañaveral y de Bayunca.

Volcán de lodo El Totumo. Es una estructura cómica, dista 6 Km de Cartagena por la carretera que conduce a Barranquilla, está localizado al Oriente de esta vía y cercana a la orilla occidental de la Ciénaga El Totumo. Se trata de una colina de unos 8 m de altura y se compone de un pequeño cráter de 3 m de diámetro, por el cual sale lodo y gas metano en menor cantidad. Es un excelente fenómeno natural relacionado con el desarrollo del turismo de la ciudad de Cartagena.

Volcán de Lodo Ternera. Estructura cómica localizada en cercanías de la parte Sur de la ciudad de Cartagena. Está representada por pequeños cráteres con diámetros inferiores a los 50 cm, por los cuales salen lodo y gases; topográficamente se manifiesta en una colina muy baja, con escaso resalto en el paisaje dominante.

Volcán de Lodo Cañaveral. Localizado al Suroriente de Cartagena en cercanías del caserío de Cañaveral, donde se encuentra como una estructura cómica, elevada, siendo notoria su presencia en rocas de la Formación Arjona.

Volcán de Lodo de Bayunca. Está localizado al Nororiente de Cartagena o al Norte del Corregimiento de Bayunca, en una zona donde las estructuras radiales antiguas son frecuentes, indicando que el volcanismo de lodo en este sector ha sido constante desde el Mioceno inferior a Plioceno. Esta estructura afecta rocas de la Formación Bayunca.

RECURSOS MINERALES

En el territorio del Departamento de Bolívar se encuentran importantes recursos naturales no renovables, como son los recursos minerales, los cuales se clasifican según Ingeominas (1994-1995), en los siguientes grupos: Metales y Minerales Preciosos, Metales Básicos, Minerales Industriales, Recursos Energéticos y Materiales de Construcción. Además, el territorio bolivarenses cuenta con importantes recursos hídricos. En la Figura 11 se muestran los recursos minerales más importantes existentes en el Departamento de Bolívar.

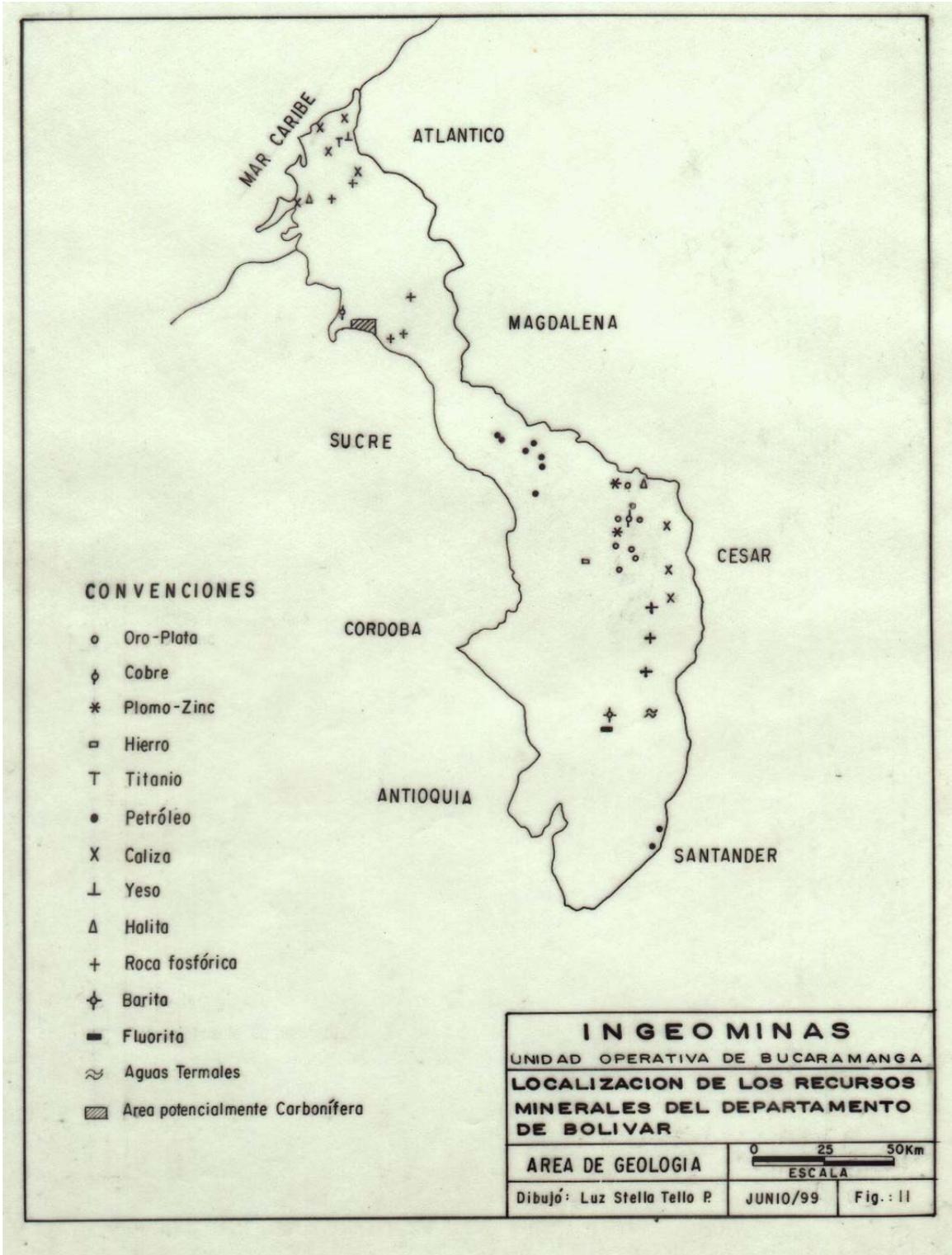
4.1 GRUPO I – METALES Y MINERALES PRECIOSOS

En el Departamento de Bolívar, los recursos minerales que corresponden al grupo de metales y minerales preciosos, están representados por mineralizaciones de oro y plata en depósitos de filones (venas, vetas), de tipo diseminado y en depósitos aluviales o de placer, explotados en forma intermitente desde la época de la Colonia y actualmente representan un renglón importante en la economía de la región. Existen algunos trabajos donde se describen las mineralizaciones de oro y plata en el Departamento de Bolívar, destacándose entre éstos los de Galvis (1990), Galvis y De La Esprella (1992), Buenaventura, et al. (1993), Royero (1994), Royero et al. (1995), Clavijo (1995), Muñoz, (1996), Mendoza et al. (1997) y Menco et al. (1997), entre otros.

4.1.1 Oro - Plata

Las actividades mineras relacionadas con la explotación de oro y plata, se desarrollan principalmente en la región del Sur de Bolívar, representado principalmente por la Serranía de San Lucas, con una extensión aproximada de 16.000 Km² y corresponde al sector más septentrional de la Cordillera Central de Colombia. Esta región comprende desde los municipios de Mompós y Magangué al Norte hasta el Río Cimitarra al Sur.

En el Sur de Bolívar se lleva a cabo una actividad minera que ha sido catalogada como de pequeña minería y de subsistencia, tratándose de explotaciones artesanales y antitécnicas que causan daños graves a la estructura física de los yacimientos y provocan grandes desperdicios de metales preciosos y de sulfuros.



En los años 1991 y 1992 la actividad minera desarrollada en el Sur de Bolívar, alcanzó un alto nivel de producción que ubicó el Departamento de Bolívar como el segundo productor de oro y plata del país, mientras en 1993 la cifra de producción en 298.213 onzas troy colocaron al Departamento en el primer lugar como productor de oro y con la producción de 82.640 onzas troy de plata en el segundo lugar (Fuentes: Ministerio de Minas y Energía, Banco de la República).

En la Serranía de San Lucas, durante su evolución geológica, se han registrado importantes épocas metalogénicas auríferas que unidas a un ambiente geológico propicio, han dado origen a mineralizaciones auríferas epigenéticas, que se presentan como depósitos de tipo filoniano, de tipo diseminado y así también por procesos de concentración mecánica como depósitos aluviales o de placer.

La Serranía de San Lucas presenta condiciones favorables tanto geológicas (litológicas, tectónicas) como metalogénicas e históricas de producción a nivel regional y nacional, que permiten identificarla como una de las provincias auríferas más promisorias del país; área que requiere de estudios detallados y dirigidos a establecer la génesis de los depósitos y así mismo, orientar su explotación y la minería.

4.1.1.1 Depósitos de oro filoniano

Estos depósitos han sido formados por fluidos hidrotermales mineralizados, emplazados a través de fracturas preexistentes, que afectaron la roca de caja o encajante (rocas intrusivas, hipobasales y volcánicas), formando vetas de cuarzo como ganga y una paragénesis mineral de pirita, galena, esfalerita, turmalina, oro y plata, que tienen dirección predominante SE-NW y SW-NE, con espesores variables entre 0.2 y 2 m y cuyo tenor es de 4-13 gr/ton. El principal control para la circulación de los fluidos mineralizantes y precipitación de los sulfuros y oro - plata es de tipo estructural, el cual está relacionado con un sistema de fracturas extensionales, con fuerte buzamiento y dirección SW-NE (CLAVIJO, 1995).

Actualmente las principales explotaciones de oro-plata con venas y filones (minas activas e inactivas), se encuentran en jurisdicción de los municipios de Achí, Altos del Rosario, Barranco de Loba, Hatillo de Loba, San Martín de Loba, Regidor, Ríoviejo, Arenales, Santa Rosa del Sur, Simití y San Pablo.

4.1.1.2 Depósitos de oro diseminado

Los depósitos de este tipo de mineralización aurífera se encuentran en la parte superior de un sistema hidrotermal, comunmente relacionada con cuellos y conos volcánicos, su origen es considerado a partir de eventos magmáticos recientes, donde los procesos erosivos actuaron por un tiempo corto, ya que la parte superior del edificio volcánico no ha sido erodado aún, en muchos sectores de la Serranía de San Lucas. Estos depósitos se

caracterizan porque la mineralización empapa y penetra la roca encajante, estando delimitada por halos de alteración hidrotermal, costras de sinter silíceo, presencia de brechas y estructuras de “stockwork”; también se caracterizan porque su explotación se da en volúmenes (tonelajes) relativamente grandes con bajos tenores de oro - plata.

En la Serranía de San Lucas se encuentra una serie de vulcanitas y plutonitas que conforman grandes cuellos volcánicos y pequeños cerros, algunos de éstos están alineados en dirección SW - NE, donde se han encontrado depósitos de oro diseminado, como en los cerros Santa Cruz en la Plancha 64, (GARCÍA y PINEDA, 1993; MENDOZA et al., 1997) San Carlos, Buena Señá y Culoalzo en la Plancha 74 (MENDOZA et al., 1997) y Piñal en la Plancha 65 (ROYERO, 1994; BUENAVENTURA et al., 1993).

En la provincia aurífera de la Serranía de San Lucas existen evidencias mineralógicas, brechamiento y alteración hidrotermal, que sugieren condiciones altamente favorables para ubicar en profundidad una mineralización de oro diseminado tipo “Hot Spring Adularia-Sericita” (BUENAVENTURA et al., 1993; MENDOZA et al., 1997).

4.1.1.3 Depósitos de oro aluvial

Los depósitos de oro aluvial o de placer, son originados por procesos mecánicos de concentración o consisten en la meteorización y desintegración de depósitos primarios de oro, los cuales debido a su resistencia a la meteorización y abración, no son desintegrados totalmente, sino que son transportados en suspensión, saltación o tracción por corrientes de agua.

En la Serranía de San Lucas este tipo de depósitos se encuentra en jurisdicción de los municipios de Montecristo, Achí y Barranco de Loba y San Martín de Loba (MUÑOZ, 1993), El Peñón, Arenal y Morales (CLAVIJO, 1995) y Simití, así también se menciona una pequeña minería en los municipios de Pinillos, Regidor y San Pablo.

4.2 GRUPO II – METALES BÁSICOS

En metales básicos, el Departamento de Bolívar cuenta con manifestaciones económicamente importantes, representadas por sulfuros de cobre, plomo y zinc y cantidades subordinadas de sulfosales.

4.2.1 Cobre, plomo y zinc

En el grupo de los metales básicos, los sulfuros de cobre, plomo y zinc, muestran aparentemente cierto potencial geológico para que sean prospectados en la Serranía de San Lucas al Sur de Bolívar. La mayor parte de las mineralizaciones conocidas, corresponden a sulfuros de cobre, plomo y zinc, los cuales se encuentran asociados a filones o vetas de

cuarzo de origen hidrotermal (ROYERO, 1994; BUENAVENTURA et al., 1993; CLAVIJO, 1995; MENDOZA et al., 1997). Acompañados de oro, plata, pirita, sulfosales y minerales secundarios como calcita, turmalina y adularia-sericita (?) en menor proporción.

En general estos sulfuros no se están aprovechando o recuperando en las explotaciones auríferas, debido en primer lugar a que prevalece el interés por las explotaciones de metales preciosos, y por otra parte, a la falta de asistencia técnica y capacitación de los mineros sobre el método más apropiado para el aprovechamiento y beneficio mineral de aquellos sulfuros resultantes de las explotaciones de oro y plata (ROYERO, 1994).

Al Norte del Departamento de Bolívar también se encuentran manifestaciones de sulfuros de cobre diseminado en las sedimentitas de la Formación San Cayetano, localizadas al Norte del Corregimiento de Macayepos en el Municipio de Carmen de Bolívar y al Norte de la población de Chalán (BALLESTEROS, 1983). Para el aprovechamiento de estos recursos cupríferos se requiere de proyectos de exploración geológica regional y detallada.

4.3 GRUPO V – MINERALES INDUSTRIALES

Minerales importantes de aplicación industrial, se encuentran asociados a la mayoría de las rocas presentes en el Departamento de Bolívar. Entre los principales recursos minerales industriales existentes en Bolívar se mencionan: Yeso, roca fosfórica, barita, fluorita y halita.

4.3.1 Yeso

Las manifestaciones de este mineral están distribuidas en el sector Norte del Departamento de Bolívar y comúnmente ocurren en las formaciones Chengue, San Jacinto, Carmen, Rancho, como producto de la meteorización de lodolitas calcáreas y en la Formación Zambrano con un origen asociado con ambiente evaporítico (DUQUE-CARO et al., 1991), donde las manifestaciones se presentan en forma de vetillas y de bolsones.

Es escasa la información geológica y minera que existe sobre la producción yesífera en la región; sin embargo, se tiene conocimiento de una minería de mediano e intermitente desarrollo en el Corregimiento de Galerazamba en el Municipio de Santa Catalina, desconociéndose su volumen actual de producción. Al Norte del Corregimiento de Cipacora en el Municipio de Villanueva se encuentran algunas manifestaciones estratiformes de yeso, las cuales han sido explotadas. También se presentan con frecuencia láminas de yeso en la Formación Rancho e igualmente, hay concentraciones en los alrededores del Corregimiento de Barranca Nueva, Municipio de Calamar, donde han sido explotadas en pequeñas cantidades para la industria de cerámica en Barranquilla (REYES et al., 1997).

4.3.2 Roca fosfórica

Este recurso presenta manifestaciones estratiformes en áreas de los municipios de Turbaco y Carmen de Bolívar en las sedimentitas de las formaciones Chengue, San Jacinto, Arroyo de Piedra y Arjona. Así mismo, se han encontrado manifestaciones en el área de Carmen de Bolívar en niveles característicos de las formaciones Rancho y Zambrano (DUQUE-CARO et al., 1991). También en la región occidental del Valle Medio del Magdalena en área de los municipios de Morales, Simití y San Pablo, afloran capas de roca fosfórica en el Miembro Galembo de la Formación La Luna (MORALES et al., 1958; KASSEM y ARANGO, 1977; BALLESTEROS, 1983; CLAVIJO, 1995), la cual en buena parte está cubierta por depósitos cuaternarios.

4.3.3 Barita y fluorita

Mineralizaciones con barita y fluorita se conocen dentro del territorio del Municipio de Santa Rosa del Sur, donde se encuentran venas de barita y fluorita como rellenos de fracturas, grietas y cavidades, en rocas volcanoclásticas pertenecientes a la Formación Noreán del Jurásico inferior-medio (ROYERO, 1994; CLAVIJO, 1995). Estas mineralizaciones han sido explotadas en forma rudimentaria y esporádica. En la actualidad estos recursos minerales no presentan estudios geológico-mineros, para su mejor aprovechamiento.

4.3.4 Halita

Se mencionan depósitos de halita con minería de mediano desarrollo en el Corregimiento de Galerazamba del Municipio de Santa Catalina; también se conoce de algunas manifestaciones dispersas al Suroriente de Cartagena en el Corregimiento de Chiquito, y además, se mencionan pequeñas concentraciones de halita en territorio del Municipio de El Peñón; todas estas mineralizaciones se encuentran relacionadas a sedimentaciones cuaternarias.

4.4 GRUPO VI – MINERALES ENERGETICOS

El Departamento de Bolívar cuenta con recursos energéticos naturales no renovables como son el petróleo, gas natural y carbón.

4.4.1 Petróleo y gas natural

Estos recursos energéticos son muy importantes para la economía del Departamento de Bolívar, son explotados en los campos de desarrollo como Cantagallo, localizado en el Valle Medio del Magdalena y descubiertos en 1941 por las compañías Shell y Socorny. Entre 1956 y 1960, la Empresa Petrolera Colpet logró los hallazgos de los campos Cicuco y Boquete, en el Valle Inferior del Magdalena (Provincia de San Jorge - Plato). Estos

campos desde su descubrimiento han estado produciendo crudo y gas natural, para suplir las necesidades a nivel regional y nacional.

4.4.2 Carbón

El carbón en territorio bolivarenses se encuentra en una área definida como potencialmente carbonífera, localizada en el Cinturón de San Jacinto al Suroccidente del Municipio de Carmen de Bolívar. Los carbones están presentes en la secuencia estratigráfica de la Formación San Cayetano, pero de éstos solo se tiene conocimiento de un pequeño desarrollo minero (ARBOLEDA, 1987)

En la faja carbonífera de Chalán (Sucre) – San Juan Nepomuceno (Bolívar) al Suroriente del Arroyo Bartolo y en las lomas de Juan Ruco, se encuentran mantos de carbón con espesores variables de 1,0 a 1,60 m (MUTIS, 1983). También afloran capas de carbón cerca de Arroyo Bonito y en la Quebrada la Cañada Agua Dulce, y afloramientos de lignito en el paraje Canalote (MUTIS, 1983).

4.5 GRUPO VII- MATERIALES DE CONSTRUCCION

Los materiales de construcción representan recursos de gran importancia para el desarrollo del Departamento de Bolívar. La industria de la construcción, utiliza en gran parte del territorio del Departamento, materiales como calizas, chert, arcillas, agregados pétreos como gravas y arenas, recibos y piedras ornamentales, los cuales se encuentran en áreas de la región Norte del Departamento.

4.5.1 Calizas

Las calizas en Bolívar son utilizadas en la fabricación de cemento, como recebo, piedras ornamentales, enchapes, triturados en carreteras y potencialmente para la producción de cal agrícola en la región. La explotación de las calizas se realiza a cielo abierto por corte de arriba hacia abajo, en bloques o disgregando las capas y donde generalmente la extracción es mecanizada (FRANCO y CASTIBLANCO, 1993).

Las calizas son de origen arrecifal correspondientes a la Formación La Popa, la cual tiene un espesor aproximado de 100m, con capas gruesas y subhorizontales. Se conocen unos 17 sitios de explotaciones (canteras) de diferentes sectores en los municipios de Cartagena, Turbaco y Turbará.

Las calizas presentes en las formaciones San Cayetano y Chengue, pueden considerarse como recursos potenciales a largo plazo para la industria cementera de Bolívar (Tolcemento, Colclinker). El mayor espesor de estas calizas es de un metro y por el color uniforme y el brillo después de pulidas, permiten utilizarlas como piedras ornamentales.

En la región Sur de Bolívar se encuentra un importante potencial de calizas generalmente micríticas, pertenecientes a las formaciones Tablazo y La Luna, en una faja extensa, localizada en el sector occidental del Valle Medio del Magdalena, donde ocupan parte del territorio de los municipios de San Pablo, Simití y Morales. Estas calizas han sido utilizadas como triturados y recebos en vías; como piedras ornamentales y de enchapes; así mismo, en la producción de cal agrícola para el mejoramiento de los suelos en las regiones agropecuarias.

4.5.2 Chert

Estas rocas sedimentarias están presentes en muchas partes de la región Norte del Departamento de Bolívar, especialmente en los municipios de Cartagena, Arjona, Carmen de Bolívar y San Jacinto. El chert se encuentra en capas delgadas entre 15 y 25 cm de espesor, interestratificado con calizas, lodolitas y limolitas. Los cherts están contenidos en la secuencia estratigráfica de las formaciones Cansona y Arjona, se destacan morfológicamente y constituyen una de las fuentes principales para el afirmado de carreteras en el Departamento.

El sistema de explotación de los cherts se realiza a cielo abierto en varias canteras, utilizando buldozer, cargador y volquetas para su transporte. Las explotaciones de cherts no presentan un plan de desarrollo minero-ambiental, pero afortunadamente el deterioro generado al medio ambiente físico es bajo.

El chert se puede catalogar como uno de los recursos más importantes del sector Norte del Departamento de Bolívar, ya que constituyen una fuente promisoría para utilizarlo en la fabricación de un tipo especial de cemento, denominado Portland Tipo C, el cual requiere de la adición de material con alto contenido de sílice y el chert en este caso, colmaría esa expectativa para fomentar la industria cementera bolívareña.

4.5.3 Arcillas

En el sector Norte del territorio bolívareño se utilizan arcillas que estratigráficamente corresponden a niveles arcillosos de la Formación Bayunca. Existen seis explotaciones a cielo abierto, de las cuales cinco utilizan la cantera como método de explotación y una el método por terrazas; se trata de explotaciones extractivas transformadoras para la fabricación de ladrillos, sobresalen tres canteras por su alto grado de mecanización en las operaciones mineras y de beneficio (MENCO, et al., 1997) y en el resto de canteras se realizan manualmente las labores mineras así, en la etapa de beneficio emplean la pala en el desmoronamiento y homogeneización, la “gavera” en el moldeo y el horno de llama directa en la cocción de ladrillos.

Las aplicaciones técnicas de los sedimentos arcillosos de las formaciones Chengue y Carmen, no son bien conocidas, mientras los lodos que conforman los depósitos aluviales

del Río Magdalena, son explotados localmente para la producción de ladrillos, los cuales son fabricados artesanalmente, generando daños ambientales, como es la deforestación, debido a que utilizan leña para la quema de los ladrillos como producto principal.

4.5.4 Agregados pétreos

Entre los materiales de agregados pétreos o materiales de arrastre que se explotan en el Departamento de Bolívar, se destacan las gravas y arenas de los depósitos cuaternarios situados en las estribaciones de las serranías de San Jacinto y San Lucas, así también de los depósitos de los ríos Cauca, Magdalena y sus principales afluentes. Igualmente se extraen gravas y arenas de canteras, donde algunas de éstas cuentan con operaciones mecanizadas.

- **Gravas.** En el Sector Norte de Bolívar las gravas son extraídas de las formaciones Rotinet y Arroyo Grande, conformadas por intercalaciones de arenas, gravas, gravillas y arcillas, con espesores muy variables pero que pueden alcanzar los 70 m. Existen seis canteras inactivas y siete activas, estas últimas llevan un frente único de explotación (a cielo abierto), siendo común encontrar taludes de gran altura con fuertes ángulos de inclinación (MENCO, et al., 1997). El arranque en tres canteras se realiza con pico y pala, en una con buldozer y en tres se combinan varios equipos mineros, eventualmente utilizan sustancias explosivas (MENCO, et al., 1997); el transporte del material se realiza en camiones de 5 y 15 m³ de capacidad.

Actualmente en Bolívar se encuentran pequeñas explotaciones de gravas en ríos, quebradas y pequeñas canteras que llegan a suplir las necesidades a nivel local, constituyéndose en un importante aporte al desarrollo de la mayoría de los municipios bolivarenses. La extracción de estas gravas es principalmente manual y su transporte se efectúa generalmente en volquetas hasta de 15 m³.

- **Arenas.** Las arenas que se explotan en muchos municipios localizados al Norte del Departamento de Bolívar, también se extraen de las formaciones Rotinet y Arroyo Grande. En total existen diez frentes de cielo abierto que utilizan la cantera como método de explotación, donde cuatro de éstas se encuentran en actividad, cuyo arranque del material se efectúa con buldozer, llevándose taludes verticales hasta de 20 m de altura; para el cargue se emplean cargadores y retrocargadores, y para el transporte se utilizan camiones de 5 m³ de capacidad (MENCO et al., 1997).

La alta compactación y el grado de inmadurez de las areniscas de varias unidades litoestratigráficas presentes en el Departamento de Bolívar, descartan la posibilidad como generadoras de arenas de calidad aceptable para la industria de la construcción.

Así mismo, los sedimentos aluviales asociados al Río Magdalena, pueden ser explotados localmente; sin embargo, por los problemas ambientales que acarrearía su explotación y por su localización distante a los centros de consumo, se descartaría su explotación a mayor escala.

Prácticamente en la mayoría de las poblaciones bolivarenses existen numerosas explotaciones de arenas de ríos y quebradas. Además, algunas poblaciones cuentan con explotaciones a cielo abierto, donde utilizan pequeñas canteras como método de explotación de este tipo de material para la industria de la construcción.

4.5.5 Recebo

En el sector Norte de Bolívar se desarrollan actividades mineras en doce canteras que explotan recebo como material para la construcción, donde se construyen frentes únicos, sin ningún criterio de diseño minero, empleando maquinaria pesada como buldozer y cargador para desestabilizar los taludes, provocando deslizamientos en masa del material. En ocho de estas canteras usan cargadores y retrocargadores para las operaciones de cargue y para el transporte utilizan camiones con capacidad entre 5 y 15 m³. Esta clase de material es empleada principalmente en el afirmado de carreteras y en muchas obras civiles en cumplimiento de planes de desarrollo socio-económico, de orden empresarial, municipal y departamental.

4.5.6 Piedras ornamentales

Las piedras ornamentales se refieren a las materias primas minerales existentes en el Departamento de Bolívar, como son: areniscas, calizas marmorizadas, granitos, cuarzomonzonitas, cuarzodioritas, tobas y piedras coralinas, las cuales por presentar propiedades físicas específicas como color, dureza, brillo y algunas estructuras, han sido aprovechadas esporádicamente en la industria de la construcción. En las explotaciones que han sido pequeñas y esporádicas, se han presentado algunos problemas de fracturamiento intenso, alteración mineralógica y alto grado de meteorización en las rocas; así mismo, las distancias a los centros de consumo, incrementan los costos de transporte. En la actualidad no se conocen datos de producción de las explotaciones de piedras ornamentales en el Departamento.

4.6 RECURSOS HÍDRICOS

El Departamento de Bolívar cuenta con dos grandes cuencas hidrográficas, donde sus corrientes principales están representadas por los ríos Magdalena y Cauca, con sus correspondientes afluentes, los cuales actúan favorablemente en la recarga de los acuíferos que se encuentran dentro del área de influencia de dichas cuencas hidrográficas.

Según el mapa hidrogeológico de Colombia (HUGUETT et al., 1989), las partes central y septentrional del Departamento de Bolívar están conformadas por sedimentos y rocas con porosidad primaria de interés hidrogeológico, cuya permeabilidad varía de moderada a baja, excepto en áreas pequeñas donde son de permeabilidad baja e impermeables. En la región Sur de Bolívar los sedimentos y rocas con porosidad primaria y secundaria sin interés hidrogeológica, generalmente se comportan como impermeables; sin embargo, hay zonas con permeabilidad de alta a moderada y otras de moderada a baja.

Muchos cuerpos de aguas superficiales existentes en el territorio bolívarense, como ríos, quebradas, arroyos, lagunas, manantiales y ciénagas, son aprovechados para el consumo humano, tratándose esas aguas con cloro o solamente hirviéndolas, y también son utilizadas sin ningún tratamiento para animales y en riegos de una diversidad de cultivos como plátano, yuca, arroz, maíz y sorgo, entre otros.

Las aguas subterráneas en el Departamento de Bolívar, se encuentran en depósitos cuaternarios de llanuras aluviales y de inundación, donde se han construido numerosos aljibes con profundidades no mayores a 12 m, que siempre han abastecido de agua aceptable para el consumo humano en la mayoría de las poblaciones pequeñas y cabeceras municipales bolívarenses. En el sector Norte del Departamento, es probable encontrar aguas subterráneas almacenadas en conjuntos clásticos gruesos de las formaciones San Cayetano, Maco y San Jacinto. En las formaciones Rancho y Zambrano pueden encontrarse algunas capas potencialmente acuíferas (REYES et al., 1997).

La información de las perforaciones de varios pozos aislados, realizados por el Ingeominas y los estudios hidrogeológicos efectuados en la margen derecha o ribera oriental del Río Magdalena en el Departamento de Magdalena (BARRERA, 1989a, 1989b), es fundamental para adelantar un programa de estudios detallados para la cuantificación de reservas de los recursos hídricos en el Departamento de Bolívar, los cuales no han sido lo suficientemente aprovechados y son más prioritarios aún, cuando la calidad química de las aguas se degrada apreciablemente y su presencia es cada vez más limitada en el territorio departamental de Bolívar.

AMENAZAS GEOLÓGICAS

En el presente capítulo se describen brevemente las principales amenazas desde el punto de vista geológico y antrópico, que le han registrado dentro del territorio del Departamento de Bolívar, durante las diferentes labores de control de campo en el desarrollo de la cartografía geológica.

5.1 AMENAZAS POR CONTAMINACIÓN

Los ecosistemas del territorio bolivarense presentan deterioros ambientales de grandes proporciones, generados por la contaminación. En el sector Norte del Departamento, los problemas ambientales por contaminación se localizan en el área industrial de Mamonal debido al vertimiento de residuos químicos industriales en aguas de la Bahía de Cartagena y cuerpos de aguas adyacentes; en la ciénaga de La Virgen por el aporte de aguas servidas de la ciudad, que causan la disminución considerable de oxígeno necesario para la vida de los organismos que allí habitan. En los últimos años las pujantes explotaciones mineras de metales preciosos (oro y plata) en el área de la Serranía de San Lucas al Sur de Bolívar, son altamente contaminantes con el uso de sustancias químicas como cianuro y mercurio principalmente. También el cruce del oleoducto Caño Limón – Coveñas por territorio bolivarense, es fácilmente vulnerable por las frecuentes alteraciones del orden público, produciéndose derrames de petróleo que contaminan suelos, vegetación, arroyos, quebradas, ciénagas y lagunas, donde se crían peces, como fuentes de alimentación e ingresos económicos para la comunidad de la región.

5.2 AMENAZAS POR INUNDACIÓN

Las amenazas por inundaciones en el Departamento de Bolívar se restringen principalmente a aquellas poblaciones ubicadas en cercanías de las llanuras de inundación del Río Magdalena y sus principales afluentes, las cuales son grandes regiones inundables periódicamente en épocas de invierno, donde han sido afectadas viviendas, vías, cultivos y grandes extensiones dedicadas al pastoreo de ganado para cría y ceba. Se estima que buena parte del territorio bolivarense es vulnerable a este fenómeno devastador. La mayoría de las poblaciones ribereñas de los ríos Cauca y Magdalena se han visto afectadas por inundaciones en varias ocasiones, con grandes pérdidas de bienes materiales, pero sin víctimas humanas.

5.3 AMENAZAS POR EROSIÓN

El proceso de erosión en el territorio bolivarense es común sobre las márgenes de los ríos Cauca y Magdalena, en los drenajes mayores y en algunas ciénagas. En el sector Norte del Departamento, se han tomado algunas medidas de mitigación y control de la erosión; en la parte central la amenaza es considerada baja, mientras al Sur de Bolívar es relativamente alta, tratándose de una región donde el fenómeno de erosión se ha acelerado por la acción del hombre como son las actividades mineras, la colonización, la tala y quema de bosques y el mal uso del suelo. Los efectos negativos debido a las explotaciones de los recursos naturales renovables y no renovables en el Sur de Bolívar, continuamente están generando un alto índice de deterioro al ecosistema de esta importante región del Departamento, que corresponde a una de las más relevantes regiones auríferas del país.

5.4 AMENAZAS POR SISMICIDAD

El territorio del Departamento de Bolívar forma parte de la Cordillera Central (Serranía de San Lucas), Valle Medio y Valle Inferior del Magdalena, regiones que son tectónicamente complejas y la amenaza que presentan por sismicidad es moderadamente baja (RAMIREZ, 1975; SARRIA, 1989, 1991; GARCIA et al., 1998).

En el registro histórico de la sismicidad en el Departamento de Bolívar, recopilado por Ramírez (1975), se encuentra que se han presentado sismos de magnitudes considerables en Cantagallo, San Pablo, Simití, Achí, Ríoviejo y Margarita, con magnitudes entre 3.5 y 5 grados en la escala de Richter.

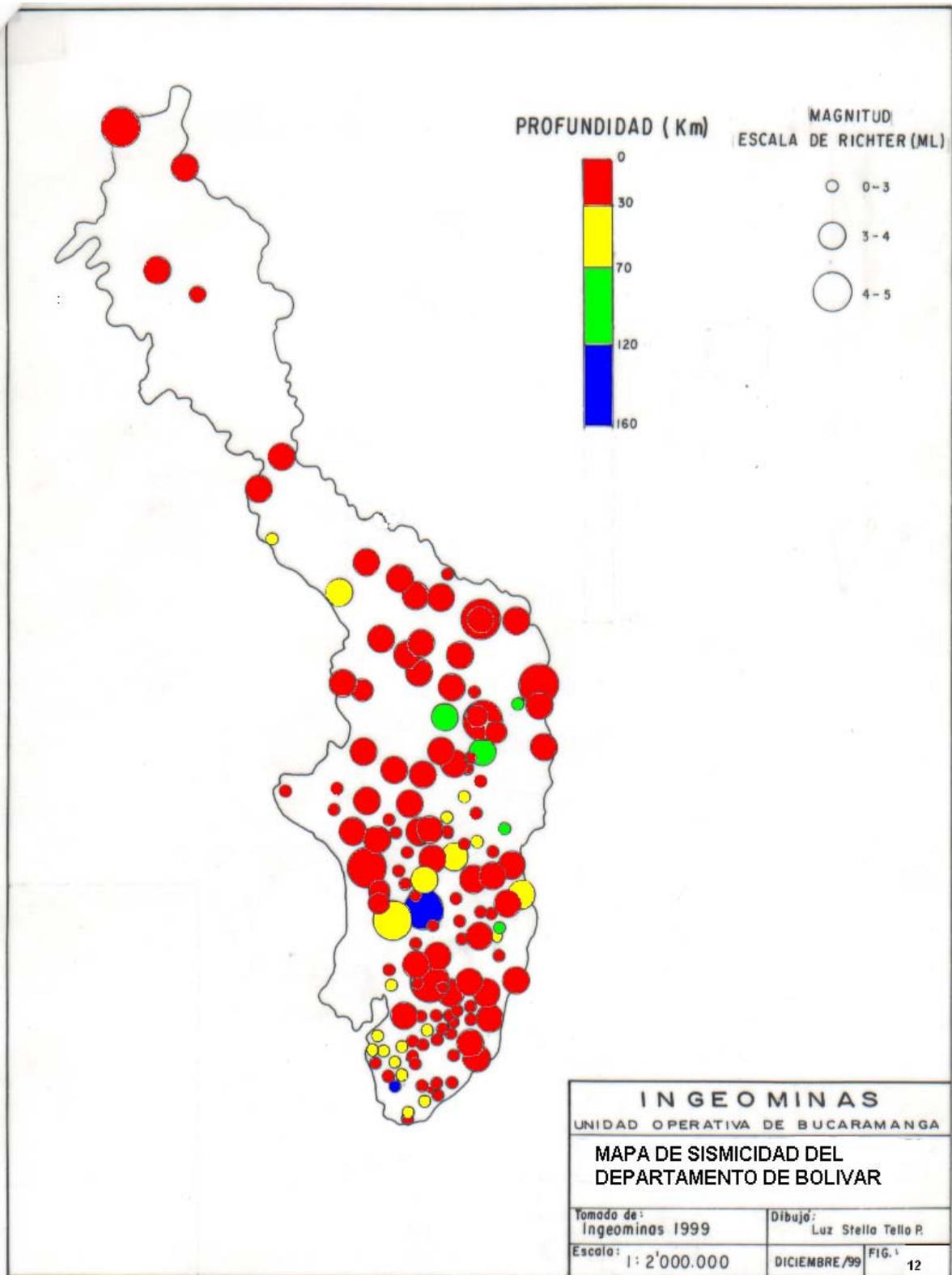
En el estudio general de amenaza sísmica de Colombia (GARCIA et al., 1998), el Departamento de Bolívar se encuentra ubicado dentro de una zona de amenaza sísmica baja; excepto en partes de las áreas municipales de María La Baja y San Pablo, donde la amenaza por sismicidad alcanza a ser intermedia.

Con base en los sismos registrados por la Red Sismológica Nacional desde junio de 1993 (cuando se iniciaron las actividades) hasta octubre de 1999 (INGEOMINAS, 1999), ha sido posible hacer un seguimiento de las actividades sísmicas en el territorio Nacional. En el Departamento de Bolívar durante este período se sucedieron numerosos sismos con magnitudes entre 1.0 y 5.0 grados en la escala de Richter, los cuales se encuentran concentrados en la región sur de Bolívar, donde la mayoría de los sismos presentan magnitudes entre 4 y 5 grados, representando una región con una actividad sísmica intermedia, como se puede observar en la Figura 12.

5.5 OTRAS AMENAZAS

En el Departamento de Bolívar se han presentado fenómenos naturales como vientos huracanados, avenidas torrenciales y tempestades, los cuales han ocurrido muy esporádicamente y han causado daños materiales en la mayoría de los municipios del Departamento. También se consideran otros impactos ambientales tales como la tala de bosques y los incendios forestales, que son factores detonantes de la erosión y la sequía, cuyo deterioro ambiental, ha afectado significativamente la producción agrícola y ganadera del Departamento.

En el sector Sur de Bolívar es importante señalar que no existe un manejo adecuado del entorno ambiental, en donde las explotaciones auríferas se adelantan de forma rudimentaria sin tomar ninguna medida de mitigación con el uso del mercurio y el cianuro para el beneficio mineral; la indiscriminada acumulación de desechos sólidos finos sobre las fuentes hídricas, y lo que aún es muy evidente, la falta de control y vigilancia legal sobre el derecho y modo de explotación. Así mismo, en el sector Norte del Departamento, es notorio el alto deterioro ambiental por las explotaciones principalmente de calizas, que han afectado la vegetación herbácea y arbustiva y han modificado severamente el relieve del paisaje; además, se conoce que la gran mayoría de las canteras no cuentan con un plan de desarrollo minero-ambiental.



EVOLUCIÓN GEOLÓGICA

El territorio de lo que hoy es el departamento de Bolívar ha experimentado numerosos eventos tectónicos comprensivos y distensivos desde el Precámbrico cuando la región sur (San Lucas) hacía parte del denominado Cinturón Granulítico Proterozoico (Kronenberg 1982) que constituye el registro de la colisión entre el cratón de Laurentia (hoy placa norteamericana) y el cratón Amazonico (hoy placa suramericana). Posteriormente durante el jurásico – cretácico, el territorio del departamento fue afectado por la dispersión de Pangea que generó las cuencas distensivas hoy Valle Medio e inferior del Magdalena (Subcuencas de San Jorge, Plato). Finalmente en el Paleógeno- Neógeno se acrecieron los terrenos de Sinú –San Jacinto como resultado de la interacción de las placas del Caribe y Suramericana (Pindell, 1991 – 1993) interacción que continúa hasta hoy.

6.1 PROTEROZOICO

A finales del Mezoproterozoico y comienzos del Neoproterozoico el núcleo metamórfico de la provincia de San Lucas (Neis de San Lucas) hacía parte conjuntamente con el Macizo de Garzón, Macizo de Santander, Sierra Nevada de Santa Marta y la península de la Guajira del cinturón Granulítico que según Kroonenberg, 1982) y Alvarez (1981), se formó durante la orogenia Grenvilliana (Tonssaint, 1993) u Orinoquensis, como resultado de la colisión entre los cratones Laurentia y Amazonico.

6.2 MESOZOICO

A finales del Triásico y comienzos del Jurásico, se inició el proceso de ruptura de la Pangea (Windley, 1984) mediante un proceso de riftogénesis intercontinental, cuyas ramificaciones afectaron gran parte del Cratón Suramericano en forma de aulacógenos, grabens y cuencas de tracción (Clavijo, 1996).

En lo que hoy es el Sur de Bolívar (Serranía de San Lucas) el proceso de distensión se inicia a principios del Jurásico (Macía et al. 1985; MOJICA Y Herrera, 1986, Estrada 1972) en una franja estrecha que por esfuerzos distensivos comienza a hundirse en bloques escalonados por fallamiento normal que permite la formación de cuencas tipo graben en lo que hoy corresponde a los Valles Medio e Inferior del Magdalena. El fallamiento controla la aparición de volcanismo andesítico- dacítico y la intrusión de cuerpos granodioríticos.

Se sucede la incursión de un mar somero que facilita la acumulación de los sedimentos Sudán y Morrocoyal.

Simultáneamente con el hundimiento y ensanchamiento de las cuencas, se registra un aumento notable del vulcanismo explosivo que alcanza dimensiones enormes y acumula una secuencia vulcanoclástica de más de 4000 m de espesor que hoy corresponde a la Formación Noreán (Clavijo, 1995, 1997 Royero en preparación).

Con el Barremiano se dá inicio a la transgresión cretácica con la acumulación de los carbonatos de Tablazo ; continúa en el Santoniano -Turoniano, con la acumulación de lodos y carbonatos Simití y La Luna (Clavijo, 1995). No se tiene registro del Cretácico terminal en la provincia del valle Medio, mientras que en el terreno San Jacinto se depositan las limolitas y lodolitas silíceas de la Formación Casona.

A finales del Mesozoico y comienzos del Cenozoico (Cretácico – Paleógeno) el sistema de Falla de Romeral (Cauca-Almaguer) ya delimitaba dos provincias tectonaestratigráficas: la provincia de San Jorge-Plato al Oriente y la provincia (terreno) de San Jacinto al Noroccidente (Duque-Caro, 1980)

6.3 CENOZOICO

Durante el Paleógeno y Neógeno, en la región norte del departamento, se sucedió la acreción de los terrenos de Sinú – San Jacinto, como resultado de la interacción de la margen noroccidental de la placa Suramericana y la margen sur de la placa Caribe (Pindell, 1991, 1993). Los cinturones (terrenos) de San Jacinto y Sinú se formaron como prismas de acreción a lo largo de la margen noroccidental del bloque Norandino (Case et al, 1984; Kellog, 1984) debido a la subducción de la placa Caribe.

El Cinturón de San Jacinto se acrecionó aproximadamente en el Eoceno, intervalo en el cual las rocas y sedimentos semiconsolidados de cretácico superior y Paleoceno (Formaciones Casona y San Cayetano, Maco) fueron deformadas y acuñadas por sucesivos cobalgamientos, siendo la falla de Romeral el límite entre la margén continental (Bloque Norandino) y las rocas acrecionadas, plegadas y falladas del cinturón de San Jacinto.

El Cinturón de Sinú se acrecionó durante el Mioceno medio, al ya levantado Cinturón de San Jacinto, generando a su vez la cuenca de San Jorge como respuesta a la deformación de la margen continental del Bloque Norandino.

Desde el Plioceno hasta hoy se continúa la acreción de sedimentos marinos; durante esta fase el Cinturón del Sinú ha seguido siendo informal y afectado por diapirismo de lodo.

REFERENCIAS

- ALUJA, J. y VARGAS, J. M., 1980. Informe geológico-radiométrico de la Serranía de San Lucas. IAN. Informe 105, 28 p. Bogotá.
- ALVAREZ, J., 1983. Geología de la Cordillera Central y el Occidente Colombiano y petroquímica de los intrusivos granitoides mesocenoicos. Ingeominas. Boletín Geológico. Volumen 26, No. 2, p. 1-175. Bogotá.
- ANDERSON, F.M., 1926. Original source of oil in Colombia. American Association of Petroleum Geologists Bulletin. Volume 10, p. 382-404. Tulsa.
- , 1929. Marine Miocene and related deposits of North Colombia. Acad. Sci. Proc. 4 th, vol. 18, No. 4. San Francisco.
- ANGEL, C., ESQUIVEL, J. y SARMIENTO, G., 1985. Geología del Departamento de Bolívar al Norte del Canal del Dique. Ingeominas. Informe 1941, 132 p. Bogotá.
- ARBOLEDA, C., 1987. Carbón. Recursos Minerales de Colombia. Segunda edición. Publicaciones Geológicas Especiales del Ingeominas. Tomo II, No. 1, p. 1023-1060. Bogotá.
- ARIAS, A. y MORALES, C.J., 1997. Mapa geológico generalizado del Departamento de Cesar. Escala 1:250.000. Ingeominas. Memoria Explicativa, 96p. Santafé de Bogotá.
- BALLESTEROS, C.I., 1983. Mapa geológico generalizado del Departamento de Bolívar. Escala 1:500.000. Ingeominas. Bogotá.
- BALLESTEROS, E. y TRUJILLO, C.A., 1990. Evaluación del potencial de hidrocarburos de la Cuenca Valle Inferior del Magdalena, Subcuenca de Plato a través del modelo computarizado RASP. ICP-UIS. Tesis de Grado, 93 p. Bucaramanga.
- BARRERA, R., 1989a. Geología e inventario de puntos de agua al Norte del Brazo de Mompós entre las Poblaciones de Guamal y Santa Ana, Magdalena. Ingeominas. Informe 2098, 28p. Cartagena.

- , 1989b. Geología e inventario de puntos de agua en la Población de El Banco y sus alrededores, Magdalena. Ingeominas. Informe 2099, 25 p. Cartagena.
- BAYER, K., LEAL, J. y ARJONA, H., 1973. Estratigrafía, tectosedimentología y tecto del extremo Norte del Macizo de Santander. Universidad Nacional de Colombia. Tesis, 112 p. Bogotá.
- BLOW, W., 1969. Late middle Eocene to Recent planktonic foraminiferal biostratigraphy. In Bronnimann, P. and H.H. Renz (Editors) Proceedings First International conference, Planktonic Microfossils, 1967, volume 1, p. 199-421. Geneva.
- BOGOTA, J. y ALUJA, J., 1981. Geología de la Serranía de San Lucas. Geología Norandina No. 4, p. 49-55. Bogotá.
- BOTERO, G., 1963. Contribución al conocimiento de la geología de la zona central de Antioquia. Anales de la Facultad de Minas, No. 57, p. 1 – 101. Medellín.
- BOUMA, A.H., 1969. Sedimentology of some flysh deposits. 79 p. Elsevier Amsterdam.
- BUENAVENTURA, J., MENDOZA, H., CAMACHO J. A. et al., 1993. Proyecto Morales-El Banco. Aporte 1237-Fase I (Sur del Departamento de Bolívar). Ingeominas. Informe interno (inédito), 62p. Bucaramanga.
- BUENO, R., 1970. Guidebook to the geology of the Tubará region, lower Magdalena Basin. In Geological Field Trips. Colombia. Col. Soc. Petrol. Geol. Bogotá.
- BUENO, R., 1986. Presente y futuro sobre la exploración petrolera en Colombia. Cuadernos Técnicos de Ecopetrol No. 3, p. 1-65. Bogotá.
- BÜRGL, H., 1957. Resumen de la Estratigrafía de Colombia. Ingeominas. Informe 1248, 32 p. Bogotá.
- , 1961. Historia geológica de Colombia. Revista de la Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Volumen 11, No. 43, p. 137-191. Bogotá.
- BÜRGL, H., BARRIOS, H. y ROSTROM, A., 1955. Micropaleontología y estratigrafía de la sección Arroyo Saco, Departamento de Bolívar. Servicio Geológico Nacional. Boletín Geológico. Volumen 3, No. 1, 42 p. Bogotá.
- BUTLER, J. W., 1941. Geology of Municipio of San Jacinto and parts of the municipios of San Juan Nepomuceno and El Carmen, Department of Bolívar. Texas Petroleum Company, Internal Report PA-18, April, 1942. Bogotá.

- CAMACHO - CARO, R. y VALDIRI, J., 1968. Informe geológico preliminar del Cuadrángulo D-8 (Inédito). Ingeominas. Bogotá.
- CAMARGO, G., 1995. Algunos rasgos estructurales del Cinturón del Sinú. VI Congreso Colombiano del Petróleo. Memorias, p.211-228. Santafé de Bogotá.
- CARO, P., HUGUETT, A., PLAZAS, L., VASQUEZ, L., 1985. Convenio bilateral entre los gobiernos de Colombia y Holanda, Proyecto Prospección Hidrogeológica en los departamentos de Atlántico y Bolívar. Informe Geológico No. 1940. Ingeominas. Bogotá.
- CASE, J.E., HOLCOMBE, T. y MARTIN, R., 1984. Map of geologic provinces in the Caribbean region. Geological Society of America. Memoir 162, p. 1-30. Colorado.
- CEDIEL, F., 1968. El Grupo Girón, una molasa mesozoica de la Cordillera Oriental. Servicio Geológico Nacional. Boletín Geológico. Volumen 16, No. 1-3, p. 5-96. Bogotá.
- CEDIEL, F., MOJICA, J. y MACIA, C., 1980. Definición estratigráfica del Triásico en Colombia, Suramérica - Formaciones Luisa, Payandé y Saldaña. Newsletters on Stratigraphy. Volumen 9 No. 2, p. 73-104. Honnover.
- CEDIEL, F., MOJICA, J. y MACIA, C., 1981. Las formaciones Luisa, Payandé y Saldaña. Sus columnas estratigráficas características. Geología Norandina No. 3, p. 11-19. Bogotá.
- CEDIEL, F. y CACERES, C., 1988. Mapa geológico de Colombia. Escala 1:1.200.000. Geotec. Bogotá.
- CLAVIJO, J., 1995. Mapa geológico de la Plancha 75, Aguachica. Ingeominas Memoria Explicativa. Publicada en 1996, 48 p. Santafé de Bogotá.
- , 1996. Estratigrafía regional de los cinturones de San Jacinto y Sinú Norte. VII Congreso Colombiano de Geología. Memoria de resúmenes. Santafé de Bogotá.
- , 1997. Estratigrafía y génesis de la Formación Noreán (Nueva unidad): evidencia de volcanismo explosivo en la paleocuenca del Valle Medio del Magdalena. Bucaramanga.
- CLAVIJO, J., BARBOSA, G., BERNAL, L. et al., 1994. Mapa geológico de la Plancha 75, Aguachica. Escala 1:100.000. Ingeominas. Publicado en 1998. Santafé de Bogotá.

- CLAVIJO, J., BARRERA, R. y GUZMAN, G., 1996. Memoria de las planchas 44 Sincelejo y 52 Sahagún. Ingeominas. En proceso de publicación, 95 p. Bucaramanga.
- CLAVIJO, J. y MARTINEZ, H., 1998. Geología de la Plancha 47-Chiriguaná. Ingeominas. Informe Interno, 53 p. Bucaramanga.
- CLAVIJO, J., HERNANDEZ, M., REYES, G et al ., 1999. Geología de las planchas 25-Fundación, 32-Monterrubio y 39-El Difícil. Ingeominas. Informe Interno, 62 p. Bucaramanga.
- CONEY, P., JONES, D. y MONGER, J., 1980. Cordillera suspect terranes. Nature. Volume 288, p. 329-333. London.
- CHENEVART, CH., 1963. Les dorsales transverses anciennes de Colombia et leurs homologues d 'Amerique Latine. Eclogae Geol. Volume No. 2, p. 907-927. Helvetiae.
- DACONTE, R. y SALINAS, R., 1980. Geología de las planchas 66, Miraflores y 76, Ocaña. Ingeominas. Informe 1844, 105 p. Bucaramanga.
- DANE, 1996. XVI Censo Nacional de Población y V de Vivienda en 1993. 97 p. Santafé de Bogotá.
- , 1997. División político-administrativa del Departamento de Bolívar. 291 p. Santafé de Bogotá.
- DE PORTA, J., 1962. El Terciario superior en los alrededores de Sincelejo. Servicio Geológico Nacional. Sección de Estratigrafía. Informe 1407, 45 p. Bogotá.
- , 1970. On planktonic foraminiferal zonation in the Tertiary of Colombia Micropaleontology. Volume 16, p. 216-220. New York.
- DE PORTA, J., CACERES, C., ETAYO, F. et al., 1974. Léxico Estratigráfico Internacional. Volumen V. America Latina. Fascículo 4b, Colombia. Terciario y Cuaternario. 692 p. París.
- DOUGLAS, R.C. and HEITMAN, H.L.,1979. Slope and basin benthic foraminifera of the California borderland. In L.J. Doyle and O.H. Pilkey (Editors). Geology of Continental Slopes. Society. Economic. Paleontology. Minerology. Special. Publication.No 27,p.231-246. California.

- DUEÑAS, H. y DUQUE- CARO, H., 1981. Geología del Cuadrángulo F-8 Planeta Rica. Ingeominas. Boletín Geológico. Volumen 24, No. 1, p. 1-35. Bogotá.
- DUQUE-CARO, H., 1967. Informe bioestratigráfico preliminar de los cuadrángulos D-8 y E-8. Servicio Geológico Nacional. Informe 1522. Bogotá.
- , 1968. Observaciones generales a la bioestratigrafía y geología regional en los departamentos de Bolívar y Córdoba. Universidad Industrial de Santander. Boletín de Geología No. 24, p. 71-87. Bucaramanga.
- , 1970. General comments on the north coast biostratigraphy. Geological Field Trips, Colombia, 1959-1978. (Ed. Geotec) Soc. Col. Geophys. Petrol, p. 320-324. Bogotá.
- , 1972. Ciclos tectónicos y sedimentarios del Norte de Colombia y sus relaciones con la paleoecología. Ingeominas. Boletín Geológico. Volumen 19, No 3, p. 23 - 68. Bogotá.
- , 1973. The geology of the Montería área: Colombian Society of the Petroleum Geologists and Geophysicists 14 th Annual Field Conference, Guidebook, p. 397-431. Bogotá.
- , 1975. Los foraminíferos planctónicos y el Terciario de Colombia. Revista Española de Micropaleontología. Volumen 7, Nos. 3 y 9, p.403-427. Madrid.
- , 1979. Major structural elements and evolution of northwestern Colombia. In Watkins, J.S., Montadert, L., and P.W. Dickerson (editors), Geological and Geophysical Investigation of Continental Margin. American. Association of Petroleum Geologist Bulletin. Memoir 29, p. 329-351. Tulsa.
- , 1980. Geotectónica y evolución de la región noroccidental colombiana. Ingeominas. Boletín Geológico. Volumen 23, No. 3, p. 1-37. Bogotá.
- , 1984. Structural style, diapirism and accretionary episodes of the Sinú-San Jacinto terrane, south-western Caribbean borderland. In: The Caribbean South American Plate Boundary and Regional Tectonics. Geological Society America. Memoir 162, p. 303 – 316. Colorado.
- , 1990. Neogene stratigraphy, paleoceanography and paleobiogeography in northwest South America and the evolution of the Panama seaway. Paleogeography, Paleogeology. No. 77, p.203-234.

- DUQUE-CARO, H., GUZMAN, G. y HERNANDEZ, R., 1991. Geología de la Plancha 38 - Carmen de Bolívar. Ingeominas. Memoria Explicativa. Publicada en 1996, 83p. Santafé de Bogotá.
- ESTRADA, A., 1972. Geology and plate tectonics history of the Colombian Andes. Stanford University. M. Sc thesis, p. 1-115. California.
- ETAYO, F., 1968. El Sistema Cretáceo en la región de Villa de Leiva y zonas próximas. Universidad Nacional de Colombia. Geología Colombiana No. 5, p. 5-74. Bogotá.
- ETAYO, F., 1989. Análisis fácil del inicio del avance marino del Cretácico en la región SW del Macizo de Santander. Quinto Congreso Colombiano de Geología. Guía de Excursión Técnica, 41 p. Bucaramanga.
- ETAYO, F., RENZONI, G. y BARRERO, D., 1969. Contornos sucesivos del Mar Cretáceo en Colombia. Primer Congreso Colombiano de Geología. Memoria, p. 217-252. Bogotá.
- ETAYO, F., BARRERO, D., LOZANO, H et al., 1983. Mapa de Terrenos Geológicos de Colombia. Publicaciones Geológicas Especiales del Ingeominas No. 14 - I. Publicada en 1986, p. 1-235. Bogotá.
- FEININGER, T., 1970. The Palestina Fault, Colombia. Bulletin Geological Society of America. Volume 81, No. 4, p. 1201-1216. New York.
- FEININGER, T., BARRERO, D. y CASTRO, N., 1972. Geología de parte de los departamentos de Antioquia y Caldas (Subzona II - B). Ingeominas. Boletín Geológico. Volumen 20, No. 2, p. 1-173. Bogotá.
- FRANCO, J. y CASTIBLANCO, C., 1993. Inventario de canteras, área de Cartagena. Ingeominas. Informe interno (inédito). Cartagena.
- GALVIS, J., 1990. Manifestaciones de metales preciosos en el área del Proyecto Morales - El Banco en la región nororiental de la Serranía de San Lucas, Departamento de Bolívar. Ecominas-Ingeominas. Informe interno (inédito), 84 p. Bogotá.
- GALVIS, J. y DE LA ESPRIELLA, R., 1992. Vulcanismo terciario al Sur de la Isla de Mompo (parte nororiental de la Serranía de San Lucas). Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Volumen 18, No. 70. Santafé de Bogotá.

- GARCIA, A. y PINEDA, J., 1993. Evolución geológica-minera de un sector de la mina Santa Cruz, Municipio de Barranco de Loba (Departamento de Bolívar). Universidad Industrial de Santander. Tesis, 141 p. Bucaramanga.
- GARCIA, L.E., ALARCON, A., ESPINOSA, A et al., 1998. Estudio General de Amenaza Sísmica de Colombia. Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. Segunda edición. Publicación Especial de Ingeominas, 252 p. Santafé de Bogotá.
- GERMERAAD, J. H., HOPPING, C. A. y MOLLER, J., 1968. Palinology of Tertiary sediments from tropical areas, Rev. Palaeobot. Palynol; Volume 6, No. 3-4, p. 188 – 348. Amsterdam.
- GEYER, O., 1969. La fauna de amonitas del perfil típico de la Formación Morrocoyal. Primer Congreso Colombiano de Geología. Memoria, p. 111-134. Bogotá.
- , 1982. Comparaciones estratigráficas y faciales en el Triásico Norandino. Geología Norandina No. 5, p. 27-31. Bogotá.
- GONZALEZ, H., NUÑEZ, A. y PARIS, G., 1988. Mapa Geológico de Colombia. Escala 1:1.500.000. Ingeominas. Memoria Explicativa, p. 1-71. Bogotá.
- GONZALEZ, H., 1996. Mapa geológico del Departamento de Antioquia. Geología, Recursos Minerales y Amenazas Potenciales. Escala 1:400.000. Ingeominas. Memoria Explicativa. En proceso de publicación, 232 p. Medellín.
- GONZÁLEZ, M., 1997. Mapa geológico generalizado del Departamento de Antioquia. Escala 1:400.000. Ingeominas. Santafé de Bogotá.
- GOVEA, C. y AGUILERA, H., 1986. Cuencas sedimentarias de Colombia. Cuadernos Técnicos de Ecopetrol No. 4, p. 1-63. Bogotá.
- GUZMAN, G., 1995. Geología regional del Caribe Colombiano, problemática estratigráfica. VI Congreso Colombiano del Petróleo. Memorias I, p. 57-63. Santafé de Bogotá.
- GUZMAN, G., CLAVIJO, J., BARBOSA, G. et al., 1995. Mapa geológico de la Plancha 36-37, María La Baja. Escala 1:100.000. Ingeominas. Santafé de Bogotá.
- HALL, R., ALVAREZ, J. y RICO, H., 1972. Geología de los departamentos de Antioquia y Caldas (Subzona II-A). Ingeominas. Boletín Geológico. Volumen 20, No. 1, p. 1 – 85. Bogotá.

- HETTNER, A., 1892. Cordillera de Bogotá. Resultados de viajes y estudios. Banco de la República. Primera versión castellana (1966), 351 p. Bogotá.
- HUBACH, E., 1957. Contribución a las unidades estratigráficas de Colombia. Servicio Geológico Nacional. Informe 1212, 166 p. Bogotá.
- HUGUETT, A., MOSQUERA, F. y MOLANO, C., 1989. Mapa hidrogeológico de Colombia. Escala 1:2:500.000. Ingeominas. Bogotá.
- IGAC, 1982. Aspectos geográficos del Departamento de Bolívar. Editorial IGAC. 54p. Bogotá.
- 1996. Diccionario Geográfico de Colombia. Horizonte Impresores Ltda. Tomo I, p. 267-269. Santafé de Bogotá.
- INGEOMINAS, 1988. Mapa geológico de Colombia. Escala 1:1. 500.000. Bogotá.
- , 1994 - 1995. Minerales Estratégicos para el Desarrollo de Colombia. 339 p. Santafé de Bogotá.
- , 1997. Atlas geológico digital de Colombia (Versión 1.0). Escala 1:500.000. Planchas 5-04 y 5-06. Santafé de Bogotá.
- , 1999. Mapa de sismicidad registrada por la Red Sismológica Nacional de Colombia (junio de 1993 a octubre de 1999). Escala 1:2000.000. Santafé de Bogotá.
- INGLE, J., 1980. Cenozoic paleobathymetry and depositional history of selected sequences within the southern California borderland. Cushman Found. Foram. Res. Sp. Pub. No.19,p.163-195. Tulsa.
- IRVING, E. M., 1971. La evolución estructural de los Andes más septentrionales de Colombia. Ingeominas. Boletín Geológico. Volumen 19, No. 2, p.1-89. Bogotá.
- JAMES, M., 1985. Evidencias de colisión entre la miniplaca Bloque Andino y la Placa Norteamericana desde el Mioceno medio. VI Congreso Latinoamericano de Geología. Memorias, Tomo I, p. 58 – 75. Bogotá
- JAMES, N.P., 1983. Reef environment in carbonate depositional environments. A.A.P.G. Memoir 33 Edited by Sholle P.A., Bebout D.G. Moore C.H. Colorado.
- JULIVERT, M., 1958. La morfoestructura de la zona de mesas al SW de Bucaramanga. Universidad Industrial de Santander. Boletín de Geología No. 1. p. 7-44. Bucaramanga.

- JULIVERT, M., BARRERO, D., BOTERO, G. et al., 1968. Lexique stratigraphique International. Amerique Latine Colombia (Premiere Parte). Volume 5. Fascicule 4a, Colombie. 651 p. París.
- KASSEM, T. y ARANGO, J. L., 1977. Mapa fotogeológico de la Serranía de San Lucas. Escala 1: 500.000. Ingeominas. Bogotá.
- KELLOGG, J., 1984. Cenozoic tectonic history of Sierra de Perijá, Venezuela – Colombia, and adjacent basins. Bulletin Geological Society of America. Memoir 162, p. 239-261. Colorado.
- KROONENBERG, S., 1982. Litología, metamorfismo y origen de las granulitas del Macizo de Garzón, Cordillera Oriental (Colombia). Geología Norandina No. 6, p. 39 – 46. Bogotá.
- LEUTSCH, y., LAMBERT, A. y BOGOTA, J., 1980. Reconocimiento geológico preliminar de la Serranía de San Lucas. IAN. Informe 80, 40 p. Bogotá.
- LINK, T., 1927. Post-Tertiary strand-lines oscillations in the Caribbean coastal area of Colombia, South America, Jour. Geol., Vol. 35, No. 1. Chicago.
- LOZANO, H. y PULIDO, O., 1986. Situación actual del oro y la plata en Colombia. Ingeominas. Boletín geológico. Volumen 27, No. 3, p. 1-56. Bogotá.
- LONDOÑO, A.C. y GONZÁLEZ, H., 1997. Mapa geológico generalizado del Departamento de Córdoba. Escala 1:250.000. Ingeominas. Santafé de Bogotá.
- LUNA, O., LAMILLA, J. y RUBIO, R., 1995. Aproximación a los sistemas petrolíferos de la provincia sedimentaria del Noroccidente Colombiano y nuevas oportunidades exploratorias. VI Congreso Colombiano del Petróleo. Memorias I, p. 165-171. Santafé de Bogotá.
- MACIA, C., MOJICA, J. y COLMENARES, F., 1985. Consideraciones sobre la importancia de la paleogeografía de las áreas de aporte precretácicas en la prospección de hidrocarburos en el Valle Superior del Magdalena, Colombia. Universidad Nacional de Colombia. Geología Colombiana No.14, p. 49-70. Bogotá.
- MARTINEZ, G.A., 1981. Subsistencia y geomorfología de la depresión inundable del Río Magdalena. CIAF. Revista Volumen 6. No. 1-3, p. 319-328. Bogotá.

- MAYA, M. y GONZALEZ, H., 1995. Unidades litodémicas en la Cordillera Central de los Andes Colombianos. Ingeominas. Boletín Geológico (En preparación). Santafé de Bogotá.
- MAZE, W., 1984. Jurassic La Quinta Formation in the Sierra Perijá, Northwestern Venezuela: Geology and tectonic environments of red beds and volcanic rocks, in Bornini, W. et al. (ed), Bulletin Geological Society of America. Memoir 162, p. 263 – 282. Colorado.
- MENCO, R., CAMACHO, J.A. y ARANGO, J.C., 1997. Inventario geológico-minero y ambiental del Departamento de Bolívar. Ingeominas. Informe interno (inédito), 45 p. Santafé de Bogotá.
- MENDOZA, H., CAMACHO, J.A., MUÑOZ, R et al., 1997. Cartografía geológica, prospección geoquímica y mapa metalogénico. Área del Aporte 1237 MINERALCO S.A. Departamento de Bolívar. Ingeominas. Informe interno (inédito), 125 p. Santafé de Bogotá.
- MOJICA, J. y MACIA, C., 1981. Características estratigráficas y edad de la Formación Yaví, Mesozoico de la región entre Prado y Dolores, Tolima, Colombia. Universidad Nacional de Colombia. Geología Colombiana No. 12, p. 7-32. Bogotá.
- MOJICA, J. y MACÍA., 1988. Nota preliminar sobre la ocurrencia de improntas de vertebrados (*Batra-chopus* sp.) en sedimentitas de la Formación Saldaña, región de Prado – Dolores, Valle Superior del Magdalena, Colombia. Universidad Nacional de Colombia, Geología Colombiana No. 16, p. 89-94. Bogotá.
- MOJICA, J. y FRANCO, R., 1992. Estructura y evolución tectónica del Valle Medio y Superior del Magdalena. Universidad Nacional de Colombia. Geología Colombiana No. 17, p. 41-64. Santafé de Bogotá.
- MORALES, L., HATFIELD. W., TANNER, H., JONES, S., BARKER, M. et al., 1958. General geology and oil occurrences of the Middle Magdalena Valley, Colombia. In *habitar of oil a Symposium American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, p. 641-695. Tulsa.
- MUÑOZ, R., 1996. Mineralizaciones filonianas auríferas en la franja entre San Martín de Loba, Ríoviejo y Barranca de Loba. Ingeominas. Informe interno (Inédito), 72 p. Medellín.

- MUTTI, E. and RICCI-LUCHI, F., 1975. Exemples of turbidites facies associations from selected formations of the Northern Appenines. Nice France, 9th International Congress of Sedimentology. New York.
- MUTIS, V., 1983. Catálogo de los yacimientos, prospectos y manifestaciones minerales de Colombia. Publicaciones Geológicas Especiales del Ingeominas No. 13, 462 p. Bogotá.
- NELSON, H., 1957. Contribution to the geology of the Central and Western Cordillera of Colombia in the sector between Ibagué and Cali. Leidse. Geol. Medel. Volume 22, No. 1, p.1 – 76. Leiden.
- , 1962. Contribución al conocimiento de la Cordillera Central de Colombia, sección entre Ibagué y Armenia. Ingeominas. Boletín Geológico. Volumen X, No. 1 – 3, p. 161 –202. Bogotá.
- NOTESTEIN, F.B., 1929. Report on Tertiary section near Carmen, Department of Bolivar, Colombia. Texas Petroleum Company Internal Geological Report No. 70. Bogotá.
- NOTESTEIN, F., HUBMAN, C. y BOWLER, J., 1944. Geology of the Barco Concession, Republic of Colombia. South America. Bulletin Geological Society of America. Volume 55, p. 1165-1216. New York.
- PETTERS, V. y SARMIENTO, R., 1956. Oligoceno and lower Mioceno biostratigraphy of the Carmen-Zambrano area, Colombia. Micropaleontology. Volume 2, p. 7-35. Tulsa.
- PICCJERING, K. T., STOW, D., WATSON, M.P. and HISCOTT, R.N., 1986. Deep-water facies, processes and models: a review and classification scheme for modern and ancient sediments. Earth Sci. Rev. No. 23, p.75-145.
- RAASVELDT, H., 1953. Algunas anotaciones del croquis fotogeológico del Departamento de Atlántico. Servicio Geológico Nacional. Informe 936. Bogotá.
- RAMIREZ, J.E., 1975. Historia de los terremotos en Colombia. Segunda edición. IGAC. Documentación geográfica, 250 p. Bogotá.
- REDMOND, C., 1953. Miocene foraminifera from the Tubará bed of Northern Colombia. Jour. Paleontol., Volume 27, No. 5. Tulsa.

- REINECK, H.E., 1967. Layered sediments of tidal flats, beaches and shelf bottom of the North Sea, in G.H. Lauff, de Estuaries: Am Assoc. Adv. Sci, Pub., p. 191-206. Washington, D.C.
- REMY, W., REMY, R., PFEFFERKORN, W., VOLKHEIMER, W. y RABE, E., 1975. Neuinstufung der Bocas-Folge (Bucaramanga. Kolumbien) In den Unteren Jura Anhand Einer Phleboteris Branneri-und Classopollis-Flora. Argumenta paleobotánica No. 4, p. 55-77. Munster.
- RENZ, O., 1959. Estratigrafía del Cretácico en Venezuela occidental. Boletín Geológico. Volumen 5, No. 10, p. 3-48. Caracas.
- RESTREPO, J.J. y TOUSSAINT, J.F., 1989. Terrenos alóctonos en los Andes Colombianos. Explicación de algunas paradojas geológicas. Quinto Congreso Colombiano de Geología. Memoria, p. 92-107. Bucaramanga.
- REYES, G., BARBOSA, G. y ZAPATA, G., 1994. Memoria de las planchas 29 y 30, Arjona. Ingeominas. En proceso de publicación. Bucaramanga.
- REYES, G. y CAMARGO, G., 1995. Esquema estructural del Cinturón de San Jacinto. VI Congreso Colombiano del Petróleo. Memorias I, p. 211-228. Santafé de Bogotá.
- REYES, G., GUZMAN, G. y BARRERA, R., 1995. Mapa geológico de la Plancha 23, Cartagena. Escala 1: 100.000. Ingeominas. Santafé de Bogotá.
- REYES, G. y CLAVIJO, J., 1996. Geología estructural de los cinturones de San Jacinto y del Sinú Norte. VII Congreso Colombiano de Geología. Memoria de resúmenes. Santafé de Bogotá.
- REYES, G. y ZAPATA, G., 1996. Geología de la Plancha 24, Sabanalarga. Ingeominas. Informe Interno, 60 p. Bucaramanga.
- REYES, G., BARRERA, R., GUZMAN, G. et al., 1997. Geología de la Plancha 31, Campos de la Cruz. Ingeominas. Memoria Explicativa. En proceso de publicación. 56p. Cartagena.
- RICHARDS, H., 1968. Cretaceous section in Barco area of northeastern Colombia. American Association of Petroleum Geologists Bulletin. Volume 52, No. 12, p. 2324-2326. Tulsa.
- ROYERO, J. M., 1994. Geología de la Plancha 65, Tamalameque. Ingeominas. Memoria Explicativa. En proceso de publicación, 76 p. Bucaramanga.

- ROYERO, J. M., CLAVIJO, J., BERNAL, L. et al., 1994. Mapa Geológico de la Plancha 65, Tamalameque. Escala 1:100.000. Ingeominas. Publicado en 1998. Santafé de Bogotá.
- ROYERO, J. M. y CLAVIJO, J., 1997. Mapa geológico generalizado del Departamento de Santander. Ingeominas. Memoria Explicativa. En proceso de publicación, 112 p. Bucaramanga.
- ROYERO, J. M., CLAVIJO, J. y ZAPATA, M., 1999. Mapa geológico generalizado del Departamento de Magdalena. Ingeominas. Memoria Explicativa. En proceso de publicación, 200 p. Bucaramanga.
- ROYO y GOMEZ, J., 1950. Geología de la Isla de Tierra Bomba, Cartagena y estudios de abastecimientos de Caño de Loro mediante aguas subterráneas. Ingeominas. Compilación de Estudios Geológicos Oficiales de Colombia. (CEGOC). Tomo VIII. Bogotá.
- SARRIA, A., 1989. Riesgo sísmico e ingeniería sismo-resistente. V Congreso Colombiano de Geología. Separata. 35p. Bucaramanga.
- SOLE DE PORTA, N., 1960. Observaciones palinológicas sobre el plioceno de Cartagena (Colombia). Universidad Industrial de Santander. Boletín de Geología. N°.4, p. 45 - 50. Bucaramanga.
- STONE, B., 1968. Planktonic foraminiferal zonation in the Carmen-Zambrano Area, Colombia, Volume 14, p. 363-364. Tulsa.
- THOMPSON, H., 1975. Tidal flat sediments of the Colorado Delta, northwestern Gulf of California in R.N. Ginsburg, Tidal deposit spring verlag. p. 57-65. New York.
- TOTO, E. and KELLOGG, J., 1992. Structure of the Sinú - San Jorge fold belt -an active accretionary prism in northern Colombia. Journal of South America Earth Sciencis. Volume 5, N°. 2, p. 211-222. New York.
- TOUSSAINT, J. F. y RESTREPO, J. J., 1989. Acreciones sucesivas en Colombia: un nuevo modelo de evolución geológica. Quinto Congreso Colombiano de Geología. Memoria, p. 127-146. Bucaramanga.
- TOUSSAINT, J. F., RESTREPO, J. J. y GONZALEZ, H., 1992. Corte geológico cortical en los Andes Colombianos. Universidad Nacional de Colombia. Boletín de Ciencias de la Tierra No. 11, p. 1 - 14. Medellín.

- TSCHANZ, CH., JIMENO, A., CRUZ J. et al., 1969. Geology of the Sierra Nevada de Santa Marta. Area Colombia. Ingeominas. Informe 1829, Preliminary report. 288 p. Bogotá.
- VAN DER HAMMEN, T., 1958. Estratigrafía del Terciario y Maestrichtiano continental y tectogénesis de los Andes Colombianos. Inventario Geológico Nacional. Boletín Geológico. Volumen 6, No. 1-3, p. 57 – 128. Bogotá.
- VARGAS, J.M., 1981. Prospección de minerales radiactivos en la Serranía de San Lucas. IAN. Informe interno (inédito). 61 p. Bogotá.
- WARD, D., GOLDSMITH, R, CRUZ., J. y RESTREPO, H., 1973. Geología del Cuadrángulo H-12, Bucaramanga y H-13. Pamplona. Departamentos de Santander y Norte de Santander. Ingeominas. Boletín geológico. Volumen 21, No. 1-3, p. 1-132. Bogotá.
- WEIMER, R., HOWARD, J.D. and LINDSAY, D.R., 1992. Tidal flats and associated tidal channels. In Sandstone depositional environments of Scholle P. and Spelling, D. A.A.P.G., p. 191-245. Tulsa.
- WEISKE, F., 1938. Estudio sobre las condiciones geológicas de la Hoya del Río Magdalena. Compendio de Estudios Geológicos Oficiales de Colombia. Tomo 4 parte 1, p.22-35, Bogotá.
- YORI, R., GALINDO, T. y SAMPER, N., 1980. Alta resolución en zonas potencialmente petrolíferas afectadas por diapirismo de lodo. Ecopetrol. XXXIX Reunión a nivel de expertos de Arpel. La Paz, Bolivia.