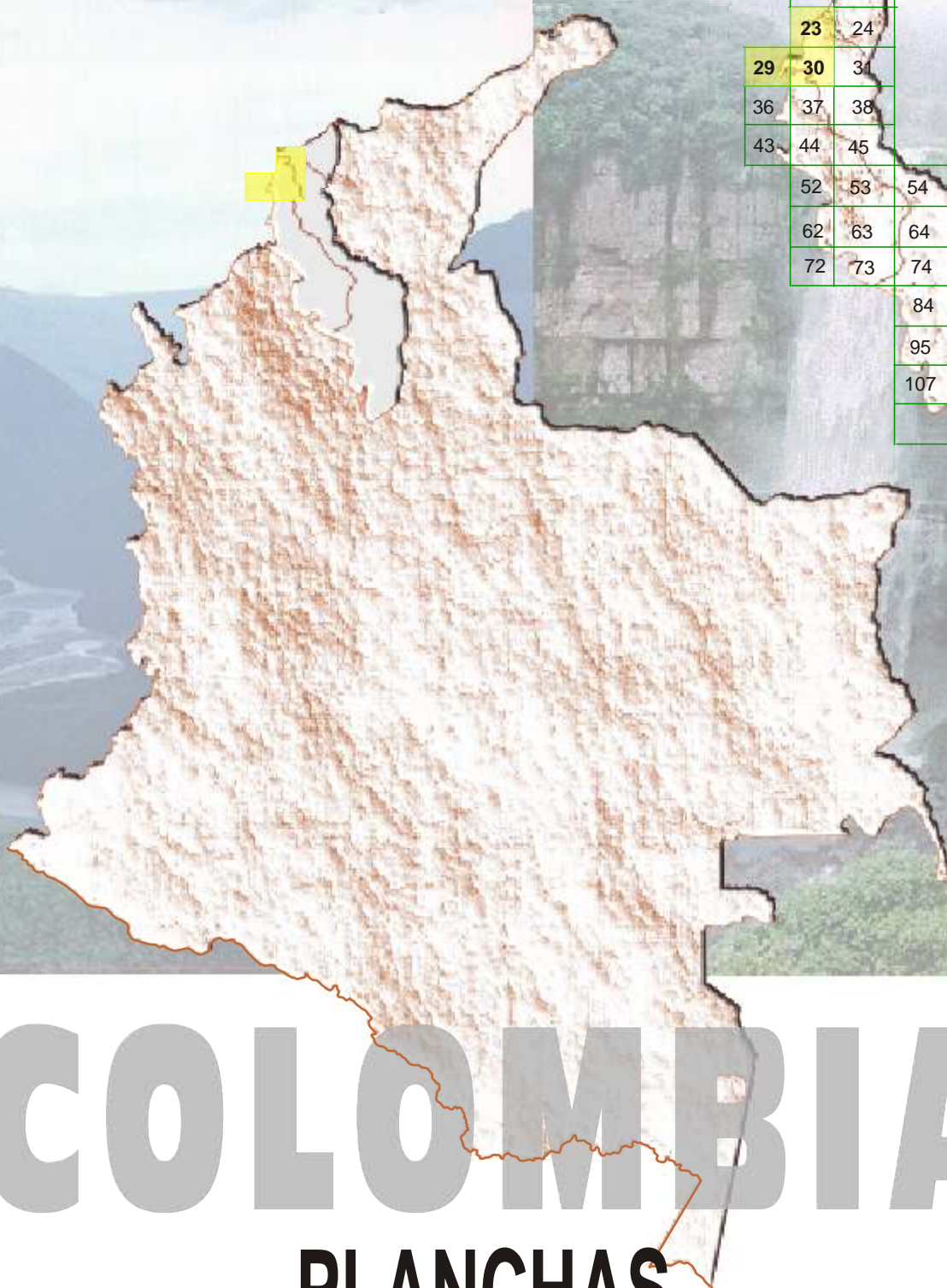


www.ingeominas.gov.co



COLOMBIA

PLANCHAS 23 CARTAGENA 29-30 ARJONA

Escala 1:100.000
Memoria Explicativa
2001



**¡Siente tu bandera,
cree en tu país!**

REPÚBLICA DE COLOMBIA
MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA
INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN E INFORMACIÓN GEOCIENTÍFICA,
MINERO-AMBIENTAL Y NUCLEAR
INGEOMINAS

**GEOLOGÍA DE LAS PLANCHAS
23 CARTAGENA Y 29 - 30 ARJONA**

ESCALA 1:100.000

POR:
GERMÁN ALFONSO REYES TORRES
GEORGINA GUZMÁN OSPITIA
GONZALO BARBOSA CAMACHO
GILBERTO ZAPATA GARCÍA

MEMORIA EXPLICATIVA



2001

Contenido

	<i>Pag.</i>
Resumen	9
1. Introducción	10
1.1. Objetivos	10
1.2. Localización Geográfica	10
1.3. Población	10
1.4. Vías de Comunicación	10
1.5. Clima	10
1.6. Hidrografía	12
1.6.1. Hoyas Hidrográficas	12
1.6.2. Drenajes	12
1.6.3. Ciénagas	12
1.7. Metodología	12
1.8. Antecedentes	13
2. Geomorfología	15
2.1. Formas de Origen Estructural Denudacional	15
2.1.1. Morfología de Mesetas (Mm)	15
2.1.2. Morfología de Cuestas (Mc)	15
2.1.3. Morfología de Cordilleras Plegadas (Mcp)	15
2.2. Formas de Origen Denudacional	15
2.2.1. Morfología de Origen Denudacional Erosivo (Mde)	15
2.2.2. Morfología de Piedemonte (Mp)	18
2.2.3. Morfología de Llanuras de Inundación (Mli)	18
2.3. Geomorfología Litoral	18
2.3.1. Depósitos Orgánicos (Do)	18
2.3.2. Depósitos de playa (Dp)	18
2.4. Morfología por Diapirismo de Lodo (Mdl)	18
3. Estratigrafía	19
3.1. Estratigrafía del Cinturón de San Jacinto	19
3.1.1. Formación San Cayetano (Pgsc)	19
3.1.1.1. Definición.	19
3.1.1.2. Descripción.	24

	<i>Pag.</i>
3.1.1.3. Límites y espesor.	26
3.1.1.4. Ambiente de depósito.	26
3.1.1.5. Edad y correlación.	27
3.1.2. Formación Maco (Pgm)	27
3.1.2.1. Definición.	27
3.1.2.2. Descripción.	27
3.1.2.3. Límite y espesor.	28
3.1.2.4. Ambiente.	28
3.1.2.5. Edad y correlación.	28
3.1.3. Formación Pendales (Pgp)	28
3.1.3.1. Definición.	28
3.1.3.2. Descripción.	28
3.1.3.3. Límites y espesor.	29
3.1.3.4. Ambiente.	29
3.1.3.5. Edad y correlación.	29
3.1.4. Formación Hibácharo (Ngh)	29
3.1.4.1. Definición.	29
3.1.4.2. Descripción.	29
3.1.4.3. Límites y espesor.	30
3.1.4.4. Edad y correlación.	30
3.1.5. Formación Tubará (Ngt)	30
3.1.5.1. Definición.	30
3.1.5.2. Descripción.	30
3.1.5.3. Límites y espesor.	30
3.1.5.4. Edad y correlación.	30
3.2. Estratigrafía Cinturón del Sinú	30
3.2.1. Formación Arjona (PgNga)	30
3.2.1.1. Discusión.	30
3.2.1.2. Descripción.	31
3.2.1.3. Límite y espesor.	38
3.2.1.4. Ambiente.	38
3.2.1.5. Edad y correlación.	38
3.2.2. Formación Bayunca (Ngb)	38
3.2.2.1. Definición.	38
3.2.2.2. Descripción.	38
3.2.2.3. Límite y espesor.	39
3.2.2.4. Ambiente.	39
3.2.2.5. Edad y correlación.	39
3.2.3. Gravas de Rotinet (Qpr)	39
3.2.3.1. Definición.	39
3.2.3.2. Descripción.	41
3.2.3.3. Límites y espesor.	41
3.2.3.4. Edad y correlación.	41
3.2.4. Formación Arroyo Grande (Qpag)	41
3.2.4.1. Definición.	41
3.2.4.2. Descripción.	41

	<i>Pag.</i>
3.2.4.3. Límites y espesor	41
3.2.4.4. Edad y correlación	41
3.2.5. Formación La Popa (Qpp)	43
3.2.5.1. Definición	43
3.2.5.2. Descripción	43
3.2.5.3. Límites y espesor	46
3.2.5.4. Ambiente	46
3.2.5.5. Edad y correlación	46
3.3. Depósitos Recientes	48
3.3.1. Depósitos de Llanura Aluvial (Qlal)	48
3.3.2. Depósitos Fluviolacustres (Qfl)	48
3.3.3. Depósitos de Llanura Costera (Qcl)	48
3.3.4. Depósitos Coluvio-Aluviales (Qcal)	48
3.3.5. Depósitos de Playa (Qmp)	48
3.3.6. Depósitos de Manglar (Qmm)	48
3.4. Síntesis Estratigráfica	48
4. Tectónica	49
4.1 Estilo Estructural del Cinturón de San Jacinto	49
4.1.1. Bloque Tectónico de El Carmen	49
4.1.1.1. Plegamiento de Arroyo Hondo	49
4.1.1.2. Sinclinal de Palenque	49
4.1.1.3. Falla El Playón	52
4.1.1.4. Falla Bonga	52
4.1.1.5. Falla de Majagual	52
4.1.1.6. Falla María La Baja-Juan de Acosta	52
4.1.1.7. Falla El Limón	52
4.1.2. Bloque Tectónico de Luruaco	52
4.1.2.1. Falla Las Mellas	52
4.1.2.2. Falla Jinete	52
4.1.2.3. Falla Villanueva – El Totumo	53
4.1.2.4. Falla Laguna	53
4.1.2.5. Falla Banco	53
4.1.2.6. Falla de Luruaco	53
4.1.2.7. Falla Pendales	53
4.1.2.8. Plegamiento de San Estanislao	53
4.1.2.9. Anticlinal de Tocagua	53
4.1.3. Bloque Tectónico de Turbaco	53
4.1.3.1. Falla Buenos Aires	54
4.1.3.2. Falla Quita Calzón	54
4.1.3.3. Falla de Casaloma	54
4.1.3.4. Falla Cuatro Caminos	54
4.1.3.5. Falla de Turbaná	54
4.1.3.6. Falla Pasacaballos	54
4.1.3.7. Falla Mamonal	55
4.1.3.8. Falla Henequén	55

	<i>Pag.</i>
4.1.3.9. Falla Clemencia.	55
4.1.3.10. Lineamientos de Bayunca.	55
4.1.3.11. Plegamiento de Turbaco.	55
4.1.3.12. Plegamiento de Barú.	55
4.1.3.13. Anticlinal de Santa Catalina.	55
4.1.3.14. Plegamiento de El Coco.	55
4.1.3.15. Volcán de lodo de Ternera.	55
4.1.3.16. Volcán de lodo de Cañaveral.	56
4.1.3.17. Volcán de lodo de Bayunca.	56
4.1.3.18. Estructura Diapírica de la Loma de los Volcanes.	56
4.1.4. Falla del Dique.	56
4.1.5. Depresión del Dique.	56
4.1.5.1. Falla inferida de Bolívar.	56
4.1.5.2. Falla Inferida de Rocha.	57
4.1.5.3. Falla Inferida de Correa.	57
4.2 Discusión.	57
5. Geología Económica	58
5.1 Zona 1	58
5.1.1. Materiales Explotados	58
5.1.1.1. Conglomerados.	58
5.1.1.2. Calizas.	58
5.1.1.3. Chert.	58
5.2. Zona II	58
5.2.1. Materiales Explotados	58
5.2.1.1. Calizas.	58
5.2.1.2. Gravas y Arenas	64
5.2.1.3. Arcillas.	64
6. Evolución Geológica.....	65
6.1. Paleoceno - Eoceno Medio	65
6.2. Eoceno Medio	65
6.3. Oligoceno - Mioceno	65
6.4. Mioceno - Plioceno	65
6.5. Plioceno - Pleistoceno Inferior	65
6.6. Pleistoceno Inferior	65
6.7. Pleistoceno Medio - Holoceno	66
7. Referencias Bibliográficas.....	67

Figuras

	<i>Pág.</i>
Figura 1. Localización de las Planchas 23 Cartagena y 29-30 Arjona -----	11
Figura 2. Localización Fisiográfica de las Planchas 23 Cartagena y 29-30 Arjona -----	16
Figura 3. Aspectos Geomorfológicos Planchas 29-30 Arjona -----	17
Figura 4. Columna Estratigráfica Generalizada de las Planchas 29-30 Arjona -----	20
Figura 5. Columna Estratigráfica Generalizada de la Plancha 23 Cartagena -----	21
Figura 6. Columna Estratigráfica de la Formación San Cayetano -----	25
Figura 7. Columna Estratigráfica de la Formación Arjona -----	32
Figura 8. Columna Estratigráfica de la Formación Arjona -----	33
Figura 9. Columna Estratigráfica de la Formación Arjona -----	35
Figura 10. Columna Estratigráfica de la Formación Arjona -----	36
Figura 11. Columna Estratigráfica de la Formación Arjona -----	37
Figura 12. Columna Estratigráfica de la Formación Bayunca -----	40
Figura 13. Columna Estratigráfica de la Formación Arroyo Grande -----	42
Figura 14. Columna Estratigráfica de la Formación La Popa -----	44
Figura 15. Columna Generalizada del casco urbano de Cartagena -----	45
Figura 16. Columna Estratigráfica de la Formación La Popa -----	47
Figura 17. Mapa Estructural del cinturón de San Jacinto y Sinú Norte -----	50
Figura 18. Mapa Tectónico de las Planchas 29-30 Arjona -----	51

Tablas

	<i>Pág.</i>
Tabla 1. -----	22
Tabla 2. -----	23
Tabla 3. -----	59
Tabla 4. -----	60
Tabla 5. -----	61

PLANCHA 23 y 29-30

Resumen



En el área de las planchas 23 Cartagena y 29-30 Arjona afloran rocas sedimentarias pertenecientes a los cinturones de San Jacinto y Sinú, cuyas edades abarcan el lapso Paleoceno al Reciente; estas rocas se han interpretado como depósito de ambientes marinos y litorales.

Los eventos tectónicos controlaron la evolución geológica

del área, formado por los cinturones fragmentados (San Jacinto y Sinú) con unidades litoestratigráficas independientes, lo que hace necesario el uso de dos nomenclaturas estratigráficas. Para el Cinturón de San Jacinto, donde afloran las unidades San Cayetano, Maco, Pendaes y Las Perdices, la nomenclatura corresponde a la utilizada en la Plancha 38 Carmen de Bolívar y en el Anticlinorio de Luruaco. En el Cinturón del Sinú afloran las unidades Arjona, Bayunca, Rotinet, Arroyo Grande y La Popa, nombres que han sido utilizados y ampliamente difundidos en la literatura geológica.

La relación tectónica entre los dos cinturones es intensamente fallada, especialmente en las unidades San Cayetano y Arjona. Estructuralmente, se conoce la subdivisión en tres anticlinorios; en este trabajo se utiliza una subdivisión en bloques tectónicos, separados por grandes fallas transversales y en algunos casos, sus límites coinciden con los anticlinorios según Duque-Caro (1980).

La actividad minera está orientada a la explotación de materiales para la industria del cemento, la construcción y recebo; se reseña 30 canteras con sus características de explotación actuales.

1. Introducción

La cartografía de las planchas 23 Cartagena y 29-30 Arjona forma parte del proyecto Estudios Geológicos de la Región Caribe que INGEOMINAS adelanta desde 1992, zona catalogada como prioritaria para la cartografía geológica del país, dado el alto interés económico, social, científicos y la necesidad de iniciar un desarrollo sostenible apoyado en los recursos naturales no renovables.

1.1. Objetivos

- Realizar la cartografía geológica de las planchas 23 y Cartagena 29-30 Arjona a escala 1:100.000.
- Contribuir al conocimiento de las unidades litoestratigráficas, sus correlaciones y equivalencias, para unificar la nomenclatura estratigráfica.
- Reconocer el estilo estructural y plantear esquemas regionales.
- Ubicar canteras, yacimientos y manifestaciones minerales.

1.2. Localización Geográfica

El área de trabajo está ubicada en la región Caribe, en el

Departamento de Bolívar (Figura 1) enmarcada dentro de las coordenadas:

Plancha 23

X: 1.640.000 X: 1.680.000
Y: 835.000 Y: 880.000

Plancha 30

X: 1.600.000 X: 1.640.000
Y: 820.000 Y: 880.000

El área total de las planchas es de 4.800 km², de los cuales 1.200 km² están cubiertos por el mar Caribe.

1.3. Población

La población está concentrada en su mayoría en las cabeceras municipales o centros urbanos de los municipios de Cartagena, Villanueva, Santa Rosa, Turbaco, Arjona, Pasacaballos, Turbaná, Mahates, Rocha, Palenque, Piedras y en algunos corregimientos y caseríos como Chiquito, Bayano, Gamero, Puerto Badel, Barú y Albornoz. Las actividades principales de la población son la ganadería, la minería, la pesca, la agricultura y el comercio.

1.4. Vías de Comunicación

Las vías de comunicación son

terrestres, fluviales, marítimas y aéreas. La principal vía terrestre es la Troncal de Occidente (Medellín - Cartagena) pavimentada y en perfecto estado, otras vías importantes son La Cordialidad y del Mar que comunican a Cartagena con Barranquilla. Hay carreteras y carretables destapados que conectan los diferentes municipios con los caseríos y corregimientos; su estado depende de las épocas de lluvias.

El transporte fluvial se hace por el Canal del Dique que atraviesa el área de oriente a occidente, y comunica el río Magdalena con la bahía de Cartagena. La zona costera permite el tránsito de embarcaciones por la bahía Cartagena (donde está ubicado el puerto marítimo de la zona industrial de Mamonal), por la bahía de Barbacoas y el mar abierto del Caribe.

La ciudad de Cartagena cuenta con el aeropuerto internacional Rafael Núñez, en donde se concentra la actividad aérea de esta zona.

1.5. Clima

El área posee un clima tropical con temperatura media de 29°C, con algunas variaciones locales como en Turbaco donde la

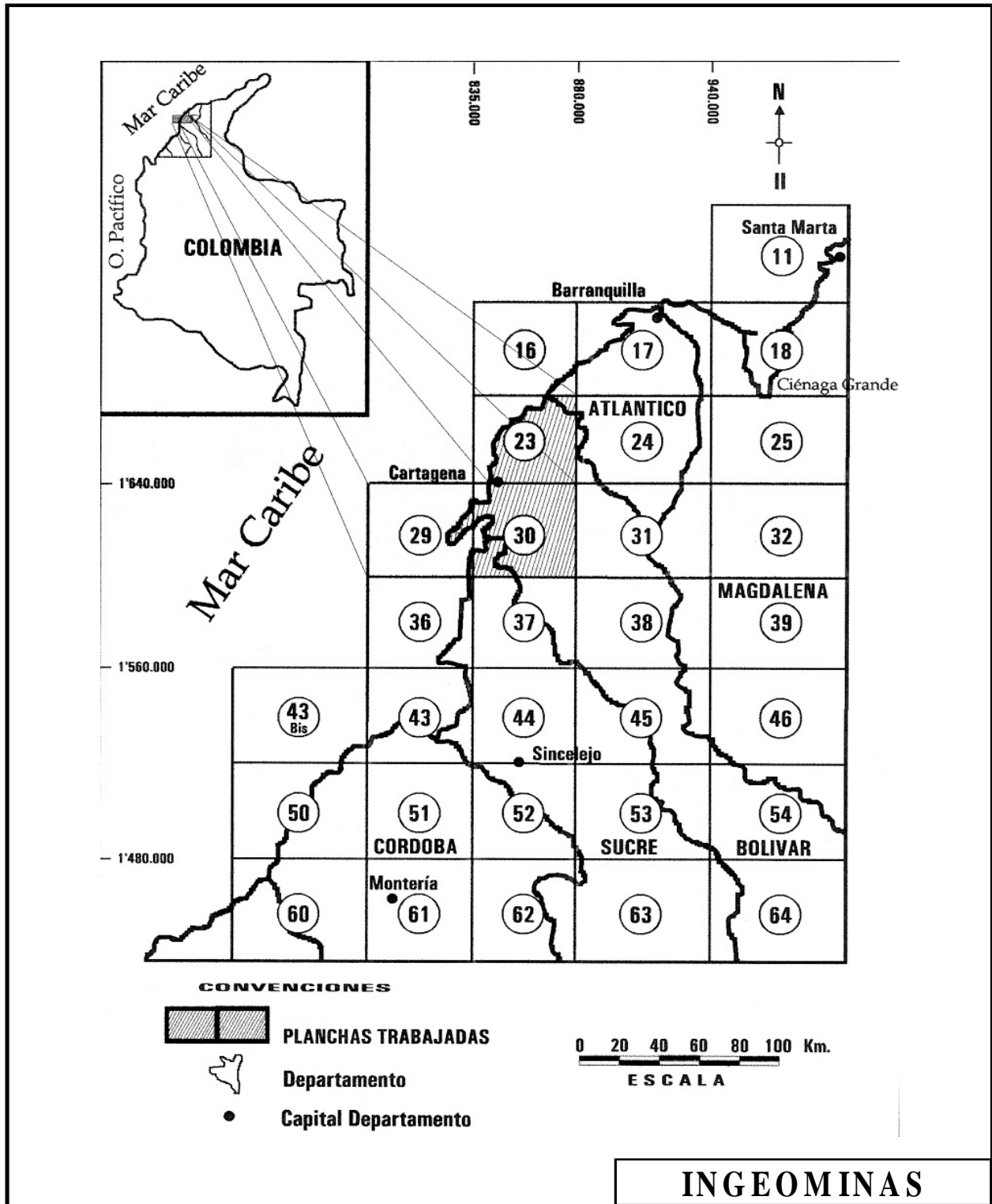


Figura 1. Localización de las Planchas 23 Cartagena y 29-30 Arjona.

temperatura media es de 27°C, modificado por los vientos que soplan en las diferentes épocas del año. Los vientos más fuertes se presentan de diciembre a abril debido a la influencia de los alisios del norte (IGAC, 1982).

1.6. Hidrografía

El área se caracteriza por un gran sistema hidrográfico conformado, en primer lugar, por corrientes que canalizan las aguas de la red hidrográfica vertiéndolas directamente al mar y, en segundo lugar, por las grandes ciénagas en la parte norte.

1.6.1. Hoyas Hidrográficas

La red hidrográfica de la Plancha 30 está distribuida en dos hoyas principales; la primera está conformada por aquellas corrientes que donan sus aguas directamente al mar, entre las cuales se encuentran los arroyos El Bofe y el Membrillal.

La segunda hoya hidrográfica corresponde al Canal del Dique, a donde llega la gran mayoría de corrientes de agua de la Plancha 30. El Canal del Dique se desprende del río Magdalena en el Municipio de Calamar (fuera de la plancha) y entra al área por el noreste cerca de la población de Piedras, se dirige al sureste hasta el Corregimiento de Correa, donde se bifurca y cambia de dirección. El canal principal continúa al noroeste y desemboca en la bahía de Cartagena. El otro canal llamado caño Correa continúa al oeste para desembocar al mar en el sitio de Boca Cerrada.

En la Plancha 23 el elemento hidrográfico más importante es la cuenca del Caribe, donde

desembocan la mayoría de corrientes, ya sea directamente o a través de sus tres grandes ciénagas como la de El Totumo, Tocagua y Tesca o de La Virgen.

1.6.2. Drenajes

A través del análisis de las fotografías aéreas se ha identificado tres patrones de drenaje:

Drenaje dendrítico espaciado. Se presenta este patrón de drenaje en las zonas planas de la Plancha 30.

Drenaje dendrítico denso. Se determinó este patrón de drenaje al norte del Canal del Dique, ligado a las zonas de relieves bajos ondulados, disecados y de colinas.

Drenaje angular. Se observó este patrón de drenaje al sureste de la plancha, en donde el control del drenaje es de tipo estructural, por la estratificación de las rocas sedimentarias de dicha área.

La mayoría de los drenajes son efímeros, es decir, permanecen secos la mayor parte del año; otro grupo lo constituyen los intermitentes, es decir, los que mantienen caudal en las épocas de lluvias. Sólo unos pocos logran mantener un pequeño caudal durante todo el año, entre los cuales están los arroyos Toro, Grande, Quilambé y Caimán.

1.6.3. Ciénagas

Los rasgos hidrográficos más importantes en el área de las planchas 29-30 es el sistema de ciénagas y el Canal del Dique, cuyas formas y tamaños son variados. De oriente a occidente, continuando el curso del Canal del Dique, se tiene las siguientes

ciénagas importantes.

Al norte de Mahates, las ciénagas Luisa y Zarzal.

Entre Mahates y Gambote, las ciénagas Matuya y Aguas Claras, con formas alargadas y paralelas al Canal del Dique.

Entre Gambote y La Cruz de Jinete, las ciénagas La Cruz, Jinete y Carabalí, de formas subredondeadas irregulares y tamaño mediano con respecto a las demás.

Al oriente del Corregimiento Correa, la ciénaga María la Baja, con una extensión aproximada de 5 km² dentro de la plancha.

Al norte del Canal y sur de la población de Rocha, la ciénaga Juan Gómez se constituye en la segunda más grande (2,5 km² aprox.) y es de forma subredondeada.

Entre Rocha y el mar, las ciénagas del Palotal, Honda y Corcovada.

Al norte, las ciénagas de El Totumo, Tocagua y Tesca.

En temporada invernal la mayoría de la ciénagas, al igual que el Canal del Dique, quedan comunicados directamente, y en temporadas secas, dicha comunicación se establece a través de pequeños e innumerables canales.

El área ocupada por las ciénagas, el Canal del Dique y las partes inundables en las épocas invernales alcanza los 470 km².

1.7. Metodología

La cartografía se inició con una etapa de análisis de información

bibliográfica y cartográfica disponible y fotointerpretación a escala aproximada 1:50.000, complementada con fotografías a color de imagen de satélite Landsat TM, a escala aproximada 1:100.000.

El análisis anterior permitió identificar la problemática estratigráfica y estructural, con la cual se hizo una programación del trabajo de campo, haciendo énfasis en los sitios de mayor complejidad.

En el trabajo de campo se utilizó mapas topográficos escala 1:25.000 y 1:50.000 y fotografías aéreas a escalas 1:50.000 y 1:30.000, del IGAC. La cartografía se realizó mediante transversas, aprovechando arroyos, caminos y carreteras. Se hizo estaciones geológicas con descripción en libreta, ubicadas correctamente en los mapas, se levantó secciones estratigráficas semidetalladas y se hizo un muestreo de roca para análisis micropaleontológico y petrográfico.

En una etapa final de procedimiento e interpretación de datos de campo, se produjo el mapa geológico escala 1:100.000 y esta memoria que comprende estudio y descripción de unidades litoestratigráficas, análisis estructural, caracterización geomorfológica e inventario preliminar de recursos minerales.

1.8. Antecedentes

Los estudios anteriores se han centrado en el área de Turbaco, Mamonal, Cartagena; ellos han sido orientados primordialmente a la geología económica, tratando de evaluar las calizas arrecifales.

Anderson (1929, en De Porta et al., 1974) fue el pionero de los trabajos geológicos e introdujo nombres formacionales que aún tienen vigencia en el Caribe.

Royo y Gómez (1950), en una sección estratigráfica en la isla Tierra Bomba, determina una secuencia de arcillas, areniscas y calizas con fauna miocénica, que relacionó con las formaciones La Popa, del área de Cartagena, y Tubará, del área de Barranquilla.

Raasveldt en 1953 (en De Porta et al., 1974) propone el término Luruaco, para la secuencia paleocena en el área del mismo nombre, constituida por areniscas, lodolitas y chert.

Bürgl (1957), en un estudio sobre las calizas de los alrededores de Cartagena, reconoce la presencia de sedimentitas del Eoceno y lodolitas del Mioceno, en los alrededores de Turbaco y Arjona.

Solé De Porta (1960) considera, por la asociación palinológica presente en las Gravas de Rotinet, una edad de Plioceno superior, con posibilidades del Pleistoceno inferior, en el Cerro de La Popa en Cartagena.

De Porta & Solé De Porta (1960) distinguen dos niveles de terrazas pleistocenas, en la isla Tierra Bomba, con elevaciones de 3 y 20 m, desarrolladas sobre calizas coralinas de la Formación La Popa; además, establecen unos diagramas de distribución faunística presente en estas terrazas.

De Porta et al. (1963) introducen nuevos datos faunísticos de Tierra Bomba y con C-14 determinan edades de 2.850 ± 150 años que

estaría indicando el momento en que las terrazas pleistocénicas se elevaron con respecto al nivel del mar; este levantamiento probablemente es regional.

Morer & Nicholls (1960) hacen una descripción de las canteras de Albornoz y Planparejo (Turbaco) y dan cifras de reservas de caliza.

Camacho et al. (1968), en la cartografía del Cuadrángulo D-8, establecen una secuencia litoestratigráfica que va del Cretácico Superior al Reciente. En este trabajo definen la Formación Arjona, constituida por un miembro inferior arcilloso y uno superior predominantemente arenoso. Para la Formación La Popa, determinan una sección de referencia y la subdividen en dos miembros, uno detrítico inferior y el otro calcáreo al techo.

Duque – Caro (1967) presenta un informe biostratigráfico del Cuadrángulo D-8, que se constituye en un pilar para la ubicación cronoestratigráfica de las unidades del Caribe.

Duque – Caro (1980) divide tectónicamente la región Caribe en dos áreas, una estable o de plataforma, no plegada, y otra inestable geosinclinal plegada, cerca a la costa; además, presenta un modelo de evolución geotectónica durante el Terciario. El mismo autor en 1984 define una provincia tectonoestratigráfica, a la que denomina Terreno Sinú-San Jacinto, en el cual juega un importante papel el diapirismo de lodo.

Angel et al. (1985) realizaron la cartografía de Bolívar al norte del Canal del Dique, con propósitos hidrogeológicos; en ella describen

las unidades litológicas y utilizan nombres informales, por fines prácticos para ellos.

Duque – Caro et al. (1987) dan a conocer una síntesis estratigráfica y estructural a nivel regional, en la que destacan el diapirismo de lodo como formador de estructuras.

Durhan (1985) muestra un modelo tectónico del Caribe, con los movimientos relativos de las placas de Suramérica, Caribe y Norte América durante el Terciario.

Toto & Kellogg (1992) dicen que los cinturones de San Jacinto y

Sinú son una cuña sedimentaria de 12 km de espesor, afectados por la convergencia de la placa Caribe y el margen noroeste de Suramérica, y la ausencia de sismicidad la explica por la baja tasa de desplazamiento y por la alta porosidad de los sedimentos recientes.

2. Geomorfología

Las planchas 23 Cartagena y 29-30 Arjona están localizadas en las serranías de San Jacinto, Turbaco-Luruaco-Tubará (Figura 2) y zonas con morfología suave de amplias planicies interrumpidas por zonas de colinas o relieves ondulados, limitados al occidente por la línea costera. Los aspectos geomorfológicos más destacados en la Plancha 29-30 a escala 1:250.000 son los siguientes (Figura 3).

2.1. Formas de Origen Estructural Denudacional

Entre las formas de origen estructural denudacional se caracterizan las formas del relieve que tienen un origen marcadamente influenciado por la disposición de los estratos y las características fisicoquímicas de las rocas que desarrollan formas sobresalientes. De acuerdo con la inclinación de los estratos y dureza de las rocas se presentan los siguientes tipos de morfología.

2.1.1. Morfología de Mesetas (Mn)

La morfología de mesetas la establecen las capas calcáreas de la Formación La Popa, la cual se dispone de manera subhorizontal o levemente inclinada; los

escarpes del miembro calcáreo ofrecen un ángulo alto y contrastan notoriamente con respecto a la unidad infrayacente Gravas de Rotinet.

2.1.2. Morfología de Cuestas (Mc)

La morfología de cuestas es producto de las secuencias estratigráficas ligeramente inclinadas, en las cuales se intercalan unidades de rocas blandas y duras. Esta morfología ocurre al sur y oriente de la población de Turbaco y se origina conformada por la Formación La Popa y las Gravas de Rotinet asociadas con la Falla de Turbaná. En la isla de Barú la Formación La Popa presenta este mismo tipo de morfología.

2.1.3. Morfología de Cordilleras Plegadas (Mcp)

Se ha considerado la morfología de cordilleras plegadas para caracterizar áreas fuertemente plegadas y de estructuras apretadas en las cuales las capas se presentan con alto ángulo de inclinación, que forman cuchillas prominentes. Esta morfología está asociada a las rocas de la Formación San Cayetano.

Se presenta en el extremo sur-

oriente de las planchas entre las poblaciones de San Basilio de Palenque y Bonga, igualmente en la Serranía de Jinete, al norte del Canal del Dique y sur de la población de Arjona.

2.2. Formas de Origen Denudacional

La morfología de origen denudacional corresponde con aquellas áreas donde la influencia de los procesos exógenos, como el agua, imprimen un modelamiento particular al paisaje.

2.2.1. Morfología de Origen Denudacional Erosivo (Mde)

La morfología de origen denudacional erosivo se asocia con aquellas zonas de relieve ondulado y de colinas, disecadas por valles estrechos y profundos, productos de una erosión concentrada acelerada, originada por el sobrepastoreo, la alta tasa de deforestación y los fuertes aguaceros que actúan directamente sobre el suelo desnudo; se presenta esta morfología al norte del Canal del Dique en dos áreas importantes. La primera al occidente de la Serranía de Jinete y la segunda ubicada al norte de la población de Arjona.

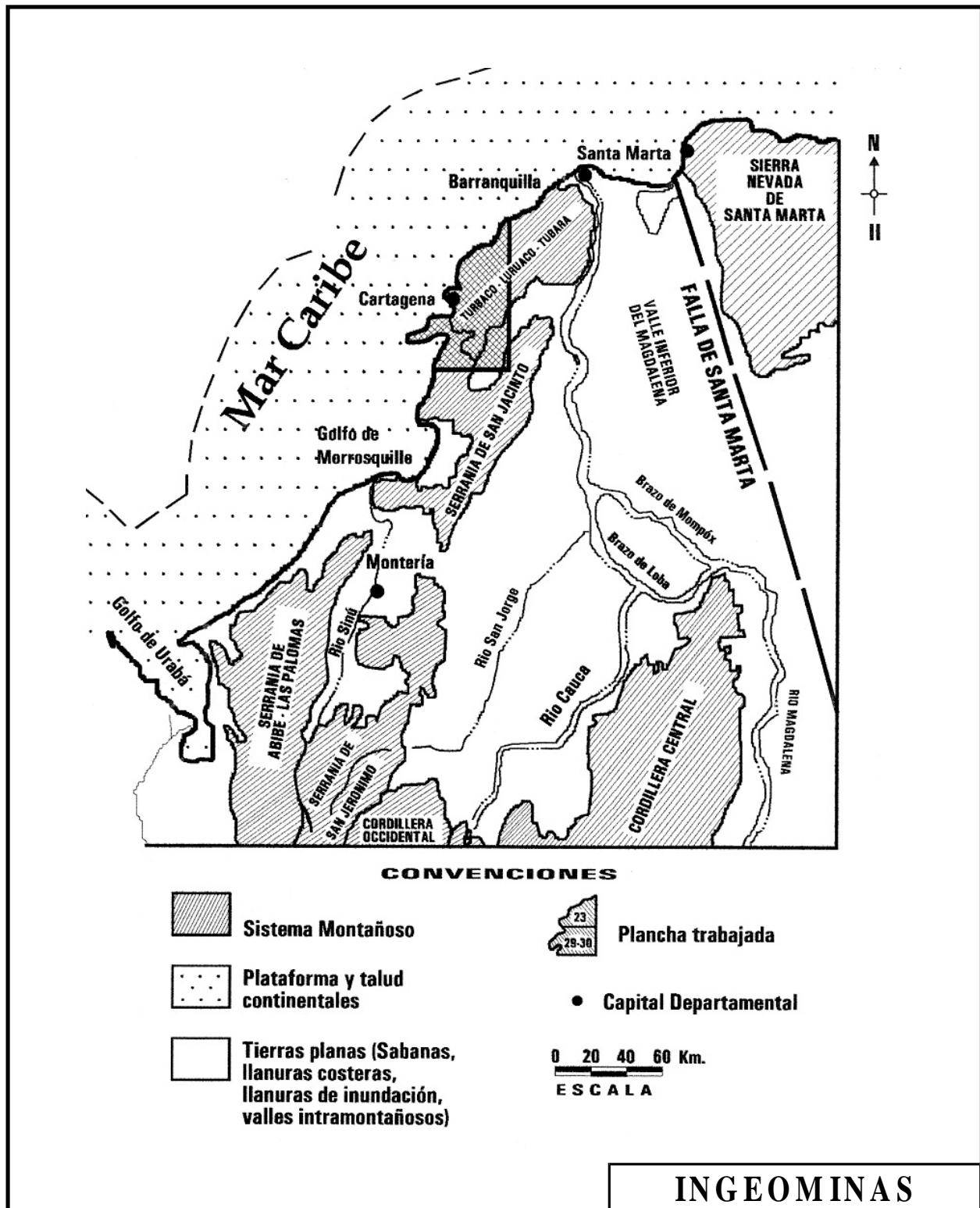


Figura 2. Localización fisiográfica de las Planchas 23 Cartagena y 29-30 Arjona.

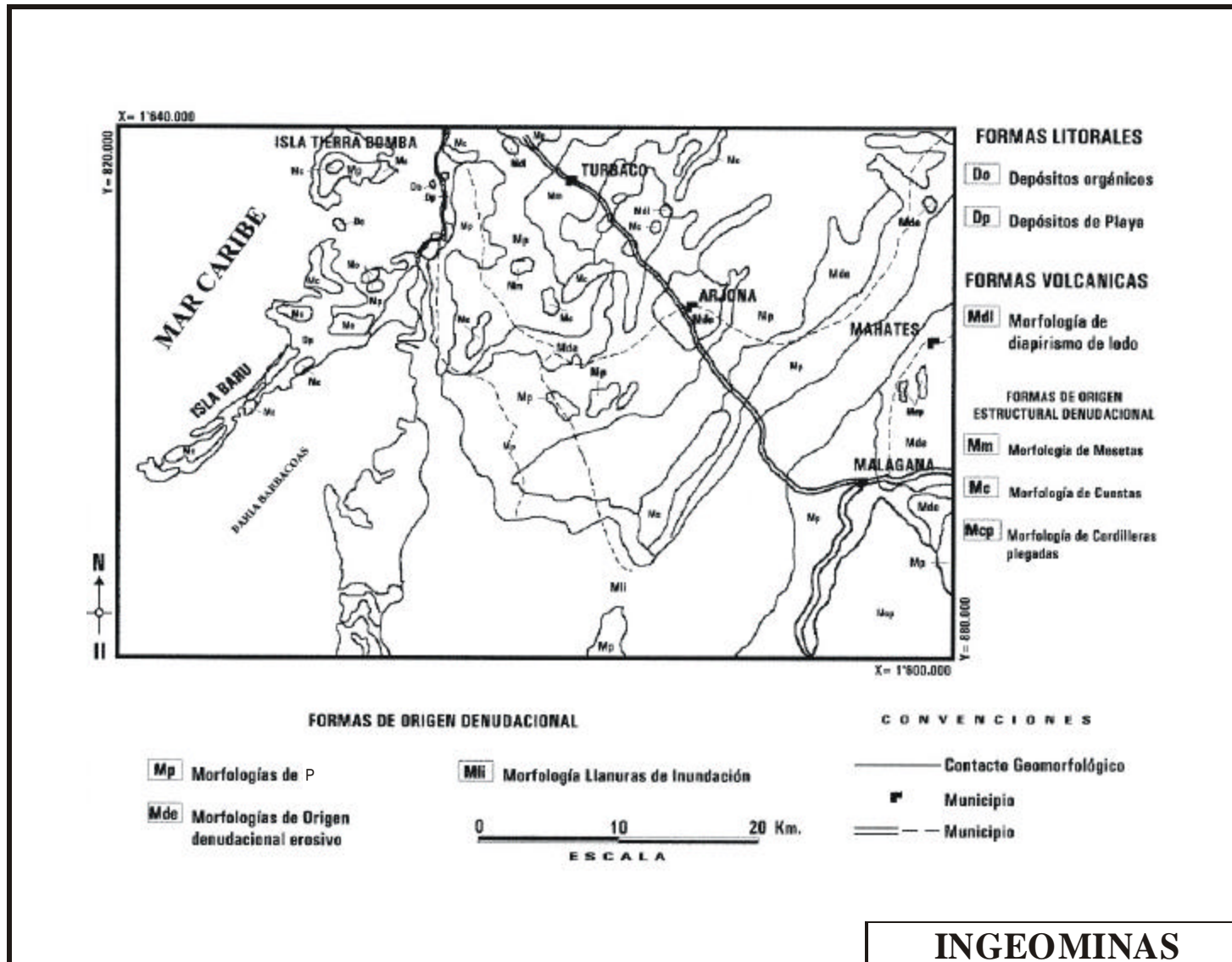


Figura 3. Aspectos Geomorfológicos. Planchas 29-30 Arjona.

2.2.2. Morfología de Piedemonte (Mp)

Morfología de piedemonte (*foot slopes*) son aquellas áreas intermedias entre relieves ondulados y montañosos y la zona de planicies de inundación. Presentan una morfología plana ligeramente inclinada, en la cual se caracterizan dos zonas, una de erosión y la otra de acumulación, comúnmente llamados glacis. La zona de erosión se relaciona con aquellas partes donde han actuado los arroyos erosivamente, y las zonas de acumulación inmediatamente después, donde los arroyos actúan en sentido constructivo depositando material arrastrado de las partes altas.

2.2.3. Morfología de Llanuras de Inundación (MII)

La morfología de llanuras de inundación está relacionada con el área de influencia del Canal del Dique, conformada por las ciénagas, el lecho del Canal del Dique y las áreas de pantanos, las cuales son inundadas en las épocas invernales.

2.3. Geomorfología Litoral

La geomorfología litoral de la Plancha 29-30 la caracterizan principalmente sus formas depositarias, entre las cuales se destacan las siguientes.

2.3.1. Depósitos Orgánicos (Do)

Se presentan dos tipos de depósitos orgánicos. El primero, los manglares localizados desde el límite sur de la plancha hasta la población de Pasacaballos y al occidente del Canal del Dique. Se trata de zonas muy vegetadas desarrolladas por la influencia marina y continental. El segundo lo constituyen las formas coralinas en proceso de crecimiento, que se constituyen en pequeñas islas ligeramente resaltadas en la superficie de las aguas marinas.

2.3.2. Depósitos de playa (Dp)

Los depósitos de playa están localizados entre la línea media de las mareas y la línea alta que marca un cambio fisiográfico mostrado en el continente. En estos

depósitos se consideran los bancos de arena, islas de barrera, promontorios y terrazas marinas, especialmente en la isla de Barú, y los deltas formados en las desembocaduras de las principales corrientes en el mar.

2.4. Morfología por Diapirismo de Lodo (Mdl)

La morfología por diapirismo de lodo es generada por diferencias de densidad de las rocas del subsuelo. En el área de la Plancha 29-30 sólo dos formas de este tipo fueron reconocidas, una localizada en la vía que de Turbaco conduce a la región de Flechas, y la otra relacionada con la Falla de Mamonal. En la Plancha 23 hay dos; una es el volcán de Cañaverales y la otra es en el área de Bayunca, en donde se observa algunas estructuras en forma de domos, los cuales no presentan vulcanismo activo.

El volcán de lodo de Flechas cubre un área de 0,8 km² con una actividad permanente; arroja pequeños flujos de lodo, que crea una estructura cómica sobrepuesta al relieve existente.

3. Estratigrafía

En el área de las planchas 23 Cartagena y 29-30 Arjona se encuentran rocas sedimentarias, en su mayoría de origen marino profundo a litoral. Sus edades van desde el Paleoceno, Eoceno medio (formaciones San Cayetano, Maco, Pendales), al Oligoceno-Mioceno (formaciones Arjona, Hibácharo), Mioceno-Plioceno (Formación Tubará y Formación Bayunca), Pleistoceno (Gravas de Rotinet, formaciones Arroyo Grande y La Popa) y Reciente (depósitos aluviales y de playa) (Figuras 4 y 5).

La nomenclatura utilizada es la combinación de los nombres utilizados en las planchas 31 Campo de la Cruz y 37 María la Baja y las utilizadas en el área de Cartagena – Barranquilla. Esta nomenclatura recoge las mencionadas ampliamente en la literatura geológica (Tabla 1). Dada la presencia de los cinturones de San Jacinto y Sinú, con historias geológicas distintas, se utilizarán las nomenclaturas propias de cada cinturón (Tabla 2).

En varias publicaciones se mencionan las incorformidades regionales de edades diferentes que afectan la secuencia sedimentaria del área Caribe desde el Cretácico Superior hasta el Pleistoceno; éstas se atribuyen a diferentes eventos tectónicos

(Irving, 1971; Duque-Caro 1973, 1975, 1979, 1980, 1984, 1990; Duque-Caro et al., 1987, 1991). Estas incorformidades se reconocen claramente en el área del Cinturón de San Jacinto; en el Cinturón del Sinú falta realizar un estudio de reconocimiento geológico regional, dirigido a resolver el marco estratigráfico y entender su evolución geológica; sin embargo, en la cartografía regional de la Plancha 23 Cartagena, que comprende parte del Anticlinorio de Turbaco, considerado como perteneciente al extremo norte del Cinturón del Sinú (Duque-Caro, 1984), se tiene unidades estratigráficas que pertenecen al Cinturón del Sinú y unidades que pertenecen al Cinturón de San Jacinto (Tabla 1).

3.1. Estratigrafía del Cinturón de San Jacinto

3.1.1. Formación San Cayetano (Pgsc)

3.1.1.1. Definición.

La Formación San Cayetano fue definida por Chenevart en 1963 (en Duque-Caro et al., 1991) al referirse a una secuencia arenosa aflorante en los Montes de María, Serranía de San Jacinto, pero sin

precisar sus características físicas, ni sección tipo. Duque-Caro et al. (1991), en la cartografía de la Plancha 38 Carmen de Bolívar, presentan una sección de referencia, en el arroyo Las Palmas, constituida por litoarenitas arcósicas y arcosas líticas en la base y limolitas, arcillolitas y arenitas en estratificación fina, con una intercalación (15 m) de chert, al techo.

Raasveldt en 1953 (en De Porta et al., 1974), la denomina Formación Luruaco, en los alrededores de Tolú, pero parece que el nombre se deriva del área de la población de Luruaco en el Departamento del Atlántico y se extendió a las serranías de San Jacinto y San Jerónimo en los departamentos de Bolívar y Córdoba.

Bürgl (1957) y Camacho et al. (1968), en la Serranía de San Jacinto, utilizan el término Formación San Cayetano. Estos últimos la subdividen en los miembros Capiro, Rumualdo, Maco, Arroyo Peñón y Chert de Mucacal.

Angel et al. (1985), para el área al norte del Canal del Dique, en inmediaciones de Arjona, la denominan informalmente Turbiditas de Luruaco. En esta misma área, Camacho et al. 1968)

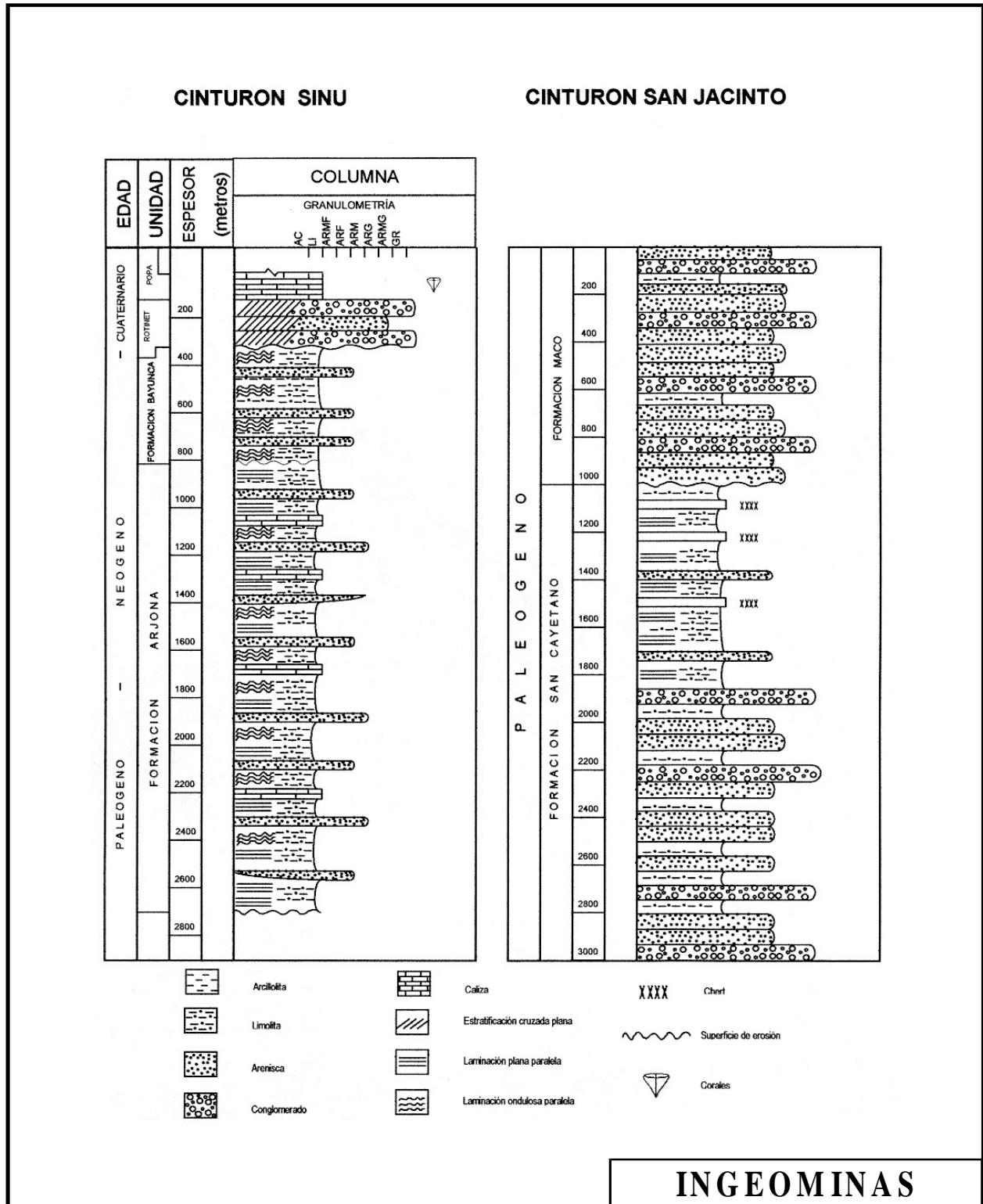


Figura 4. Columna Estratigráfica Generalizada de la Plancha 29-30 Arjona.

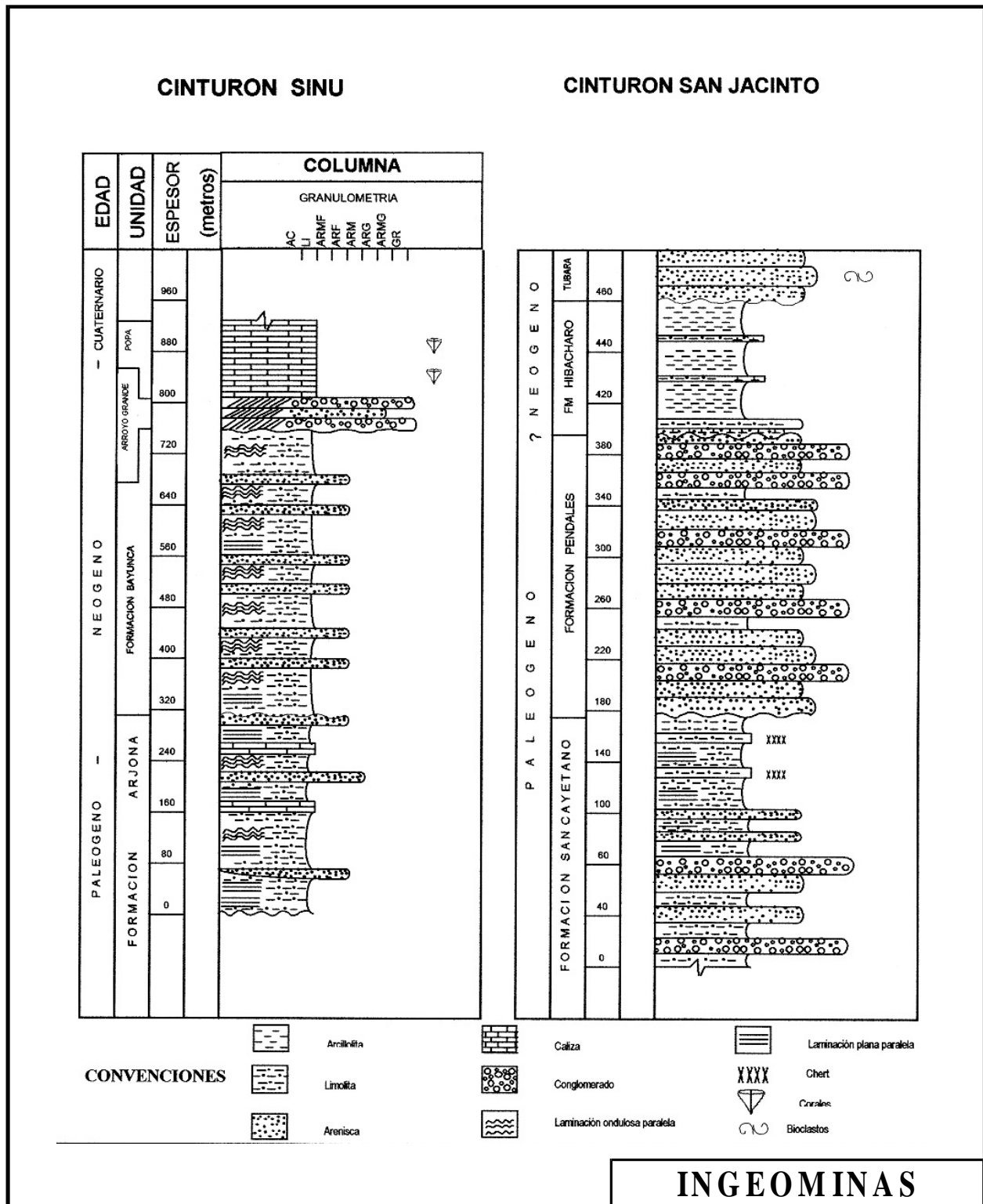


Figura 5. Columna Estratigráfica Generalizada de la Plancha 23 Cartagena.

EDAD		INTERCOL	RICHMOND OIL CO. (Hanson & Stensaas, 1958)	COLOMBIAN PET. CO. (J. Haffer, 1960)	MOBIL OIL CO. (J. H. Haffer, 1960)	TEXAS OIL CO. (J. H. Schroeder, 1949)	RAASVELDT (1953; Buzo 1970)
		Sur	SAN JACINTO				Norte
PLIOCENO							Barranquilla - Sabanalarga
	MIOCENO						Chiguera Juan de Acosta Saco Tijera Frio Galfrizo
MIOCENO	SUP	San Antonio Superior	Buenvista Sincelejo	Sabana	?	Sabana Algarrobo	Rancho
	MED			Cuesta	Cuesta	Cuesta	
MIOCENO	INF	San Antonio Inferior	Chivolo	Chivolo	Chivolo	Sincelejo Difícil	Rancho
			Santa Inés	Superior	Santa Inés	Santa Inés	
OLIGOCENO	SUPERIOR	Porquero	Palmira	Medio	Series Rancho	Inferior - Medio Rancho	Sibarco Hibácharo
	MED	Clénaga de Oro	Pintura	Inferior			Perdices
	INFERIOR			Carmen	Carmen	Carmen	
					San Jacinto	Jobo Bonito Sabaneta Bombacho (Cedro Masingui)	San Jacinto
EOCENO	SUPERIOR	San Jacinto	San Cayetano	San Jacinto		San Jacinto	Grupo Lorica
	MED	Carreto Superior		Chengue	Flechal	Chengue	
	INF				Alferez		
PALEO CENO	SUP	Carreto Inferior			Agua Blancas		Luruaco
	INF	San Cayetano Superior		Venados Superior	Venados Superior	Venados Superior	
MASTRICIANO				Venados Inferior	Venados Inferior	Arroyo Grande	
CAMPANIANO		San Cayetano Inferior		Cansona	Cansona	Cansona	
SANTONIANO				Finca Vieja	Finca Vieja		
CONIACIANO				"Grupo Diabasa"	Ojo Seco		

habían definido la Formación Arjona de edad Mioceno, lo que generó una mezcla de nombres para secuencias sedimentarias con similitud litológica, pero de edades diferentes, que no fueron diferenciadas.

Con el objeto de unificar criterios para establecer una nomenclatura apropiada, en este trabajo se extiende la Formación San Cayetano a las áreas de Arjona y Luruaco, donde a estas sedimentitas se les había llamado Formación Luruaco por las siguientes razones:

- La comparación de secciones litoestratigráficas del área de Luruaco, con secciones del área de San Cayetano, muestran que se trata de una misma unidad litológica y con edades coincidentes.
- Se ha estudiado en mejor detalle en el área de San Cayetano y más al sur, donde siempre se ha utilizado la denominación San Cayetano.
- Dentro de la literatura geológica es de mayor conocimiento y difusión la Formación San Cayetano.
- La continuidad de la Formación San Cayetano en las planchas 23 y 29-30 es clara y no debe usarse caprichosamente el término Luruaco, sólo por ubicación geográfica.
- Con esta unificación se pretende tener mayor claridad estratigráfica y, por ende, mejor entendimiento de la problemática estratigráfica de la región Caribe colombiana.

3.1.1.2. Descripción.

La Formación San Cayetano

presenta los mayores contrastes topográficos en una zona de relieve plano ondulado y alcanza alturas máximas de 700 m en el cerro Caballo, 500 m en el cerro Peligro y 250 m en la cuchilla de Arenita, jurisdicción del Corregimiento de Bonga.

En la Plancha 23, la Formación San Cayetano se reconoció a lo largo de las transversas realizadas desde Villanueva – Cerro Peligro (G-9), Arroyo Banco-Arroyo Brazo Derecho (F-9) y las poblaciones de Las Caras – Cien Pesos (E-8, E-9) y San Juan de Tocagua (C-9).

En la Plancha 29-30 aflora en el costado suroriente del área y en el bloque de Luruaco, al oriente de Arjona. Se levantaron dos secciones que se describen a continuación:

- Sección Arroyo Hondo – Bonga

Esta sección se levantó por el arroyo Hondo al occidente de la localidad de Bonga. En este sector no se encuentra la base ni el techo de la Formación San Cayetano (Figura 6).

El espesor total medido es de 375 m. La parte inferior (241 m) está constituida por una secuencia de litoarenitas arcósicas y arcosas líticas de grano fino a grueso frecuentemente conglomeráticas, blancas, pardas, amarillas y verdosas, según el estado de meteorización; presentan cemento silíceo, ocasionalmente calcáreo, moderada a mala selección, capas gruesas y muy gruesas, planas y onduladas. Internamente las capas son masivas, granodecrecientes y a menudo con laminación plano paralela y ondulosa, hacia el techo

de las mismas. Hay intercalaciones de lodolitas y limolitas verdes y pardas, en capas delgadas, laminación paralela y ondulosa; igualmente se presentan, intercalados, conglomerados líticos, con cemento calcáreo o silíceo, en capas gruesas y muy gruesas continuas y granodecrecientes.

La parte superior (134 m) es una secuencia alternante de areniscas y lodolitas. Las lodolitas, que son predominantes, son pardoverdosas a amarillentas por meteorización, dispuestas en capas delgadas y medias, planas continuas, laminación interna plano paralela y ondulosa. Las areniscas son litoarenitas arcósicas y arcosas líticas, de grano fino, amarillas, de moderada a mala selección, capas delgadas y medias, cuneiformes y onduladas, con laminación interna ondulosa.

- Sección Parcelación El Jinete

Está localizada al nororiente de la localidad de Rocha, transversal a la Serranía de Jinete. Esta secuencia está levantada entre las fallas de Jinete y Las Mellas con un espesor de 1.095 m y está compuesta por:

En la base, conglomerado de cantos y bloques hasta de 1 m de diámetro, de calizas micríticas, grises y rosadas, areniscas subarcósicas, en menor proporción de rocas volcánicas y metamórficas; hay granodecrecimiento; al techo hay areniscas de grano medio, grueso, conglomeráticas y conglomerados, en capas gruesas, interestratificados con lodolitas grises en capas delgadas; dentro de las arenitas son frecuentes los nódulos calcáreos y de areniscas de cuarzo con cemento calcáreo.

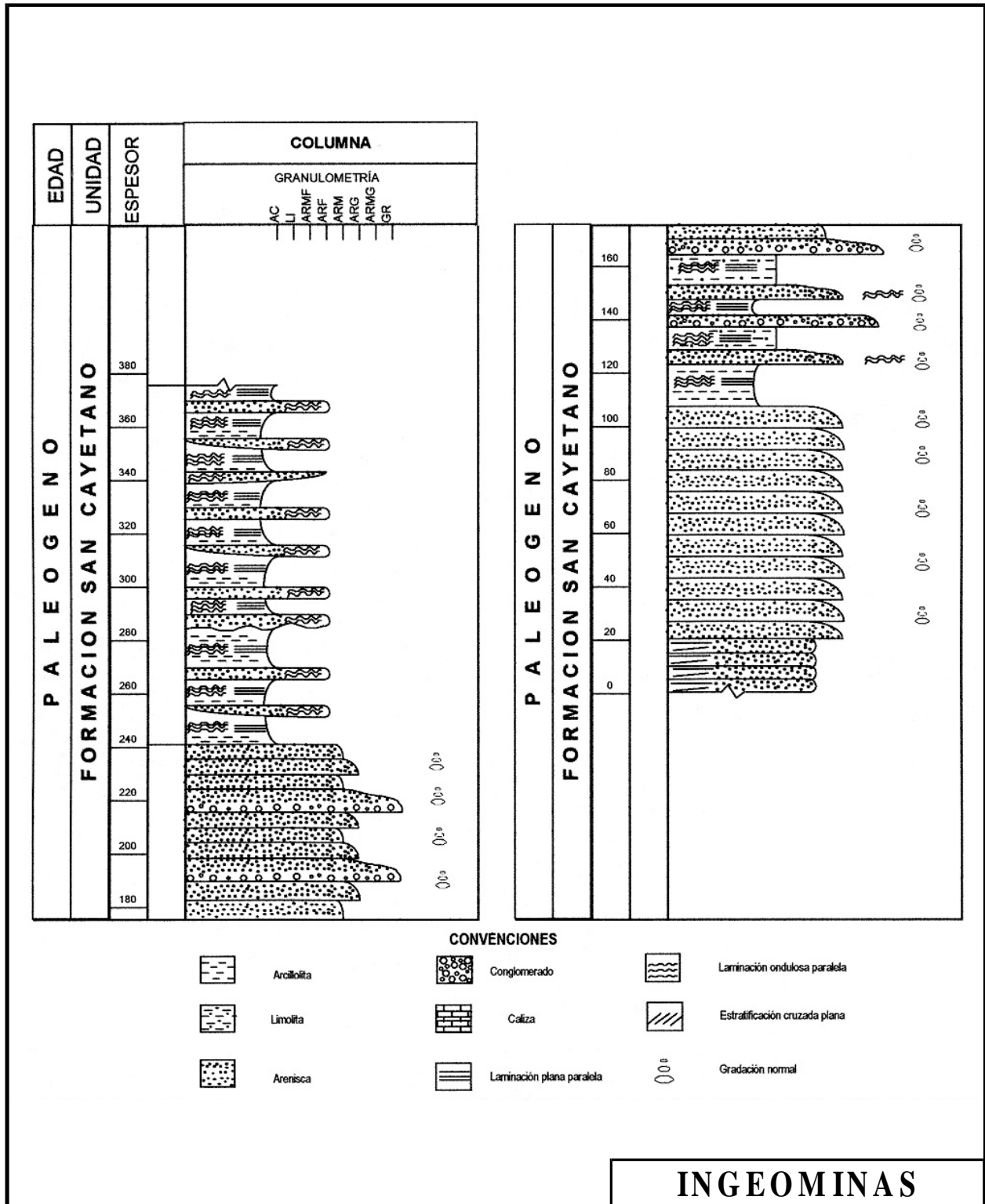


Figura 6. Columna Estratigráfica de la Formación San Cayetano.

- Sección Arroyo Banco – Arroyo Brazo Derecho

En la transversa realizada entre el Arroyo Banco-Arroyo Brazo Derecho se reconoce una sucesión de aproximadamente 175 m, altamente afectada por fallas; no se observó ni el contacto basal ni del techo de la secuencia.

En la base de esta secuencia y con un espesor de 25 m se reconocen capas de 0,80 m a 1,50 m de espesor con contactos plano paralelos a ondulados, paralelos continuos, capas macizas con algunos pequeños lechos de conglomerados matriz soportados de guijos; color predominante verde oliva oscuro.

Sobre el paquete anterior, y afectada por una falla que enmascara la secuencia, se encuentra un conjunto de capas de 25 m de espesor, compuesto por capas gruesas y medias de 1,20 a 0,30 m de areniscas de grano medio, con matriz arcillosa, interestratificada con capas medias gruesas de limolitas, con contactos ondulados paralelos continuos a planos paralelos. Hacia el techo de las capas de areniscas se encuentra bioturbación dispuesta sobre la capa; en otras se observa hacia el techo estratificación plana paralela. La mejor expresión de este paquete se encuentra a lo largo del carreteable que conduce a la población de San Juan de Tocagua.

La secuencia anterior es suprayacida por un paquete de 95 m, fallado, compuesto en la base por capas medias a gruesas de areniscas de grano medio, interestratificadas con limolitas en capas gruesas a muy gruesas con

estratificación interna ondulosa discontinua paralela, contactos ondulados continuos paralelos, color gris azulado a gris verdoso oscuro; este paquete tiene una buena exposición en la parte media de la región occidental de la plancha, en el arroyo Banco .

A continuación se encuentra un paquete de 30 m de limolitas en capas gruesas a muy gruesas con estratificación ondulosa paralela continua, interestratificada con láminas y capas finas de areniscas lodosas de grano fino; en el techo de este paquete, los últimos 12 m se hacen más silíceos y las capas son más compactas y se reconocen capas de 0,10 – 0,50 m de espesor de liditas, limolitas silíceas y chert; este último es muy escaso; ocasionalmente aparecen nódulos métricos calcáreos; este nivel forma los cerros de la parte más extrema oriental de la plancha; el área se encuentra muy afectado por fallas regionales.

3.1.1.3. Límites y espesor.

En el área no se conoce la base de la Formación San Cayetano; el techo se observó discordante con la Formación Pendales. Los contactos con las otras unidades litoestratigráficas son fallados. Regionalmente, la posición estratigráfica está entre la Formación Cansona (contacto inferior, área de la Plancha 37 María la Baja) y la Formación Maco (contacto superior, área de las planchas 31 Campo de la Cruz y 37), este último discordante.

Debido a lo anterior, no se ha podido establecer el espesor real de la unidad, pero teniendo en cuenta las mediciones parciales de las diferentes secciones levantadas, se estima un espesor acumulado cercano a los 2.000 m.

3.1.1.4 Ambiente de Depósito.

Zimmerle, en 1968 (en Duque-Caro et al., 1972), por la ritmicidad y la estratificación gradada, la consideró como turbidita. Duque – Caro (1973) reconoció estas características y confirma el ambiente. El mismo autor en 1978 (en Angel et al., 1985) le asigna una profundidad de depósito a más de 400 m, teniendo en cuenta el nivel de compensación de carbonatos.

En el área de la Plancha 29-30 se observó secuencias granodecrecientes, pertenecientes a la secuencia Bouma Ta, Tb y Te y litofacies de Mutti & Ricci Lucchi (Howell & Normark, 1988), A, B y D, que se identificó en la sección de Parcelación de Jinete, y parte inferior de la Sección Bonga. La secuencia de Bouma permite reafirmar el ambiente turbidítico; las litofacies A y B indican ambientes proximales (*Inner Fan*) con alguna influencia del ambiente de abanico medio (*Middle Fan*) en donde aparece la litofacies D. En la parte superior de la sección de Bonga se observó facies Tc y Td de Bouma y litofacies D dominante sobre E y G, que indica un ambiente predominante de abanico distal (*Outer Fan*); en esa sección se ve una retrogradación de base a techo.

En el área de la Plancha 23 se reconoce secuencias con alternancia de facies C y D que muestran granodecrecimiento; se trata de estratos paralelos que muestran características de este tipo de facies; en algunos de ellos, a pequeña escala, se reconoce la secuencia típica de Bouma. Este tipo de secuencias son

considerados como tipos de *Middle Fan* (Mutti & Ricci Lucchi, 1978), descritas en (Howell & Normark, 1988).

En la parte más alta de la secuencia predominan las facies D y G de los mencionados previamente, pero predominan las facies G en capas finas a medias. Esta curva característica se observa a lo largo del Cinturón de San Jacinto mostrando una amplia extensión lateral; en detalle, en las facies finas de lodolitas silíceas se observa granodecrecimiento considerado por algunos autores como facies típicas de abanico submarino distal de Mutti & Ricci Lucchi 1978, descritas en Howell & Normark (1988).

3.1.1.5. Edad y correlación.

La edad de la Formación San Cayetano ha sido considerada como Cretácico Superior a Eoceno medio (Duque-Caro, 1967). La asociación faunística colectada en la Plancha 38 Carmen de Bolívar (Duque-Caro et al., 1991) tienen un rango entre las edades mencionadas. En la Plancha 30, a la Formación San Cayetano se le asigna edad Paleoceno inferior en la sección de Parcelación de Jinete (Guzmán, 1994, comunicación escrita); en las otras secciones las muestras fueron estériles, pero sobre el arroyo Chapala, al nororiente de Arjona, dos muestras dieron una edad del Eoceno medio. Por otra parte, el chert reportado al sur de la Serranía de Jinete, regionalmente se ha tomado como indicador del Eoceno medio (Duque-Caro, 1994, comunicación verbal).

Por las características litológicas y asociaciones faunísticas (Duque

-Caro, 1967), la Formación San Cayetano se correlaciona con la Formación Tuchín aflorante en el Cuadrángulo E-8.

3.1.2. Formación Maco (Pgm)

3.1.2.1. Definición.

La definición original de la Formación Maco es de Butler (1942) en un informe interno de la Texas Petroleum Company, al referirse a una secuencia de conglomerados y areniscas aflorantes en el cerro Maco (Duque-Caro, 1991). El mismo autor hizo notar los cambios laterales de la unidad, a facies más finas; esta característica fue confirmada en el sector de la Plancha 38 Carmen de Bolívar en tres secciones estratigráficas.

3.1.2.2. Descripción.

La Formación Maco aflora al suroriente del área en una franja NE-SW que se extiende desde el caserío Majagua al sur, hasta la localidad de Mahates al norte. A pesar de haber sufrido procesos de peneplanización, sus características son visibles en afloramientos mal conservados y aislados. Su mejor exposición está en la sección Caserío Limón - Cantera Limón, con la siguiente característica: en la base, secuencia de litoarenitas arcósicas de grano medio y grueso conglomeráticas, generalmente amarillas por alteración, cemento silíceo localmente calcáreo, mala selección a moderada, capas gruesas amalgamadas continuas; internamente los granos están en forma desorganizada, masiva. El estado de alteración le da friabilidad; se presentan intercalaciones de

conglomerados polimícticos con clastos hasta de 1 cm de diámetro, en matriz arenosa, en capas gruesas; esporádicamente se intercalan lodolitas pardas muy alteradas en capas delgadas con una sutil laminación ondulosa.

En la parte media de la sección se encuentran dos niveles de conglomerados polimícticos, en los que predominan los clastos de rocas ígneas y chert con tamaño entre 3 y 50 cm de diámetro, mal seleccionados, matriz arenosa y se observa una disposición caótica de los granos.

Estos conglomerados están dentro de una sucesión de areniscas líticas de grano medio y grueso, masivas, con estratificación interna inclinada, flaser y planoparalela y en algunos con granodecrecimiento desde areniscas hasta lodolitas; se intercalan lodolitas grises en capas delgadas continuas y masivas. Los contactos entre las capas de areniscas y lodolitas son concordantes, algunas veces gradacionales, no así el contacto de los conglomerados con ellas; claramente se observa un contacto erosivo en que el conglomerado corta o interrumpe la estratificación normal de la secuencia, lo cual indica un origen por derrumbes submarinos (*submarine slump*).

Al techo de la sección se presentan litoarenitas arcósicas de grano medio a grueso, a menudo conglomeráticas, amarillas claras, con cemento silíceo y moderada selección, en capas medias a muy gruesas, planas y levemente onduladas masivas, granodecrecientes o con estratificación inclinada. Se intercalan lodolitas grises a pardas, en capas delgadas

en las que no se nota estratificación interna.

3.1.2.3. Límite y espesor.

Regionalmente se observa que la Formación Maco suprayace discordantemente a la Formación San Cayetano e infrayace transicionalmente a la Formación Chengue. En la Plancha 30 no se tiene ninguno de estos dos límites; la base aparece cubierta por los depósitos cuaternarios del Canal del Dique y el techo está cabalgado por la Formación San Cayetano. El espesor de la sección descrita, medido en corte, es de 1.000 m.

3.1.2.4. Ambiente.

Las características estratigráficas muestran la presencia de la secuencia de Bouma, Ta, Tb, Tc y, subordinada, Td; en la parte media y superior de la unidad y en la inferior no es aplicable, debido a la desorganización interna de las capas. Las litofacies de Mutti & Ricci Lucchi se presentan en toda la secuencia; a la base está la litofacies B y al techo A y C, y, ocasionalmente, D; los conglomerados tienen litofacies F, y representan depósitos remobilizados por derrumbes submarinos.

Las asociaciones de litofacies permiten considerar que la unidad se depositó en un abanico submarino con facies proximales (*Inner Fan*) para la parte media, y proximal a media (*Inner Fan* – *Middle Fan*) al techo.

3.1.2.5. Edad y correlación.

Duque – Caro (1967) y Duque – Caro et al. (1991) (Plancha 38 Carmen de Bolívar) encontraron

en la parte basal de la formación la asociación faunística *Globorotalia brodermanni* – *Clavigerinella akaersi* – *Globorotalia* – *bullbrooki* de edad del Eoceno medio. En el presente trabajo, una muestra de lodolita colectada en la cantera Limón reveló una edad del Eoceno sin mayor precisión. Por lo anterior, y teniendo en cuenta dataciones realizadas en otras regiones, se considera una edad del Eoceno medio para la Formación Maco.

Se correlaciona con el Conglomerado de Pendales en el Departamento del Atlántico (Caro et al., 1985) y Duque–Caro et al. (1991) establecen una relación lateral con la Formación Chengue.

3.1.3. Formación Pendales (Pgp)

3.1.3.1. Definición

Heno (1951) utiliza el nombre Pendales para referirse a un conglomerado potente y compacto que reposa discordantemente sobre la Formación Luruaco; este conglomerado toma su nombre de la población de Pendales ubicada sobre la carretera Cartagena – Luruaco, donde tiene una buena exposición; aunque no se observa una buena secuencia de la unidad, presenta buenos afloramientos entre las poblaciones de Santa Catalina y Pendales; en esta última población la unidad se torna potente; su mejor exposición está hacia el norte, entrando por la hacienda Río Dulce-San Benito (cuadrículas B-9 C-9).

3.1.3.2. Descripción.

La Formación Pendales aflora en el área de la Plancha 23 donde forma una topografía ondulosa

con cerros que alcanzan los 220 m de altura, de colinas alargadas con drenajes paralelos a subparalelos controlados estos últimos por diaclasas y fallas menores.

Esta unidad se reconoce más claramente en el camino que conduce de la hacienda Agua Dulce a una región más al norte denominada San Benito (cuadrículas B9, C9).

La unidad se puede reconocer subiendo hacia la cabecera de varios pequeños arroyos que se encuentran en esta área.

En la base se observa un grueso paquete de areniscas calcáreas de 10 metros de espesor en capas tubulares que varían entre 1,00 y 0,80 m. Se trata de arenitas conglomeráticas a conglomerados matriz soportados, con cemento calcáreo, donde se reconoce cantos redondeados de material volcánico oscuro, areniscas, calizas microesparíticas y chert en menor cantidad, los cuales varían en diámetro de 3 a 15 cm; es común encontrar cantos angulares a subredondeados de calizas de algas y nummulites con diámetros entre 1 y 12 cm.

Sobre el paquete anterior aflora un paquete de 25 m de espesor con capas hasta de 6 metros aunque predominan las unidades de 2 y 3 metros con características similares al anterior paquete; en este intervalo se observa también, en gruesas capas de areniscas, lechos de conglomerados que varían lateralmente en espesor. Este paquete hacia el sur varía tanto en el espesor de las capas como en su granulometría y lateralmente hay conglomerados matriz soportados.

Suprayace a la anterior secuencia un paquete de 30 m de capas muy arenosas, ocasionalmente conglomeráticas, que también varían en espesor como en granulometría; hacia la base predominan capas de 1 metro, luego un intervalo con capas de 50 m y hacia el techo nuevamente capas de 1 m. Todo el conjunto varía lateralmente a capas de 20 y 30 cm, donde se observa estratificación ondulosa discontinua no paralela y, en algunos sitios, en los contactos de las capas, hay delgadas intercalaciones de arcillas grises.

El color predominante para las rocas es gris verdoso a amarillo anaranjado en muestra alterada.

3.1.3.3. Límites y espesor.

El contacto con la infrayacente Formación San Cayetano en la Plancha 24 Sabanalarga es inconforme y está afectado por fallas hacia la base de la secuencia; el contacto con la suprayacente Formación Las Perdices está afectado por fallas regionales y la mayoría de las veces aparece cubierto; o el contacto está marcado por un fuerte cambio de pendientes entre las areniscas conglomeráticas de la Formación Pendales y la topografía suave y predominantemente arcillosa de la suprayacente Formación Las Perdices.

Aunque la Formación Pendales fue definida en el área, no se encontró una buena sección que muestre su verdadero espesor; mediante un corte estructural es de 220 m, pero (en lo observado) sólo fue posible levantar 65 m.

3.1.3.4. Ambiente.

La Formación Pendales se

caracteriza por la presencia de capas discontinuas de conglomerados mal seleccionados de bloques y guijos y delgadas capas de areniscas mal seleccionadas; las capas gruesas dan la apariencia de depósitos de sedimentos que se formaron en estado semisólido o en coladas de sedimentos que forman gruesas capas que pueden deberse, o a movimientos tectónicos, o a avalanchas ocurridas por grandes deslizamientos como los descritos por Walker et al. (1973) y Normack et al. (1979) como depósitos asociados a sedimentos por corrientes de turbiedad.

También se puede reconocer las facies F de Mutti & Ricci Lucchi características de sedimentación caóticas producida por colapso de los materiales en abanicos submarinos.

3.1.3.5. Edad y correlación.

Heno (1951) plantea para esta unidad una edad del Oligoceno medio basado en las afirmaciones de Olsson (en Schubert, 1937), quien propone un lapso de no depósito previo a la sedimentación de la Formación Pendales, el cual corresponde al intervalo Eoceno superior-Oligoceno inferior; esta idea es aceptada por Duque-Caro et al. (1985).

Sin embargo, de las muestras recolectadas para estudio de microfaua en esta unidad, sólo dio resultado positivo la colectada en el arroyo Los Cocos, 100 m antes de arribar al caserío del mismo nombre (cuadrícula E-8). Esta muestra contiene abundantes acaríninas, *Acarinina pentacumera*, *Clavigerinella akeirssi*, indicativos del Eoceno medio. Por lo tanto, si se acepta este

resultado, las rocas de esta unidad serían correlacionables en edad, con la Formación Maco-Chengue. (Duque-Caro et al., 1992).

3.1.4. Formación Hibácharo (Ngh)

3.1.4.1. Definición

Referencia original de la Formación Hibácharo es de Raasveldt (1954), quien no precisó descripción ni sección tipo; se presume que el nombre deriva del caserío de Hibácharo al norte del Municipio de Luruaco. Bueno (1970) menciona que la unidad está expuesta en el Anticlinal de Sibarco, en el Sinclinal de Tubará, al norte de Repelón y en inmediaciones de Hibácharo y que está constituida por arcillolitas, limolitas y areniscas de grano fino a conglomeráticas.

3.1.4.2. Descripción.

La Formación Hibácharo en el área de la Plancha 23 no muestra una buena exposición; en los pocos afloramientos observados se encontró que consiste predominantemente de lodolitas con delgados niveles de limolitas arcillosas oxidadas, en capas que oscilan entre 5 y 10 cm de espesor, con delgados niveles de yeso tipo selenita.

En el área, a esta unidad la suprayacen areniscas conglomeráticas con abundantes fragmentos fósiles de moluscos que corresponderían por comparación a las encontradas en la Formación Tubará. Éstas a su vez tampoco tienen buena exposición en el área, pero afloran en la parte más oriental de la plancha límite con la Plancha 24 Sabanalarga; fauna de muestras recolectadas en esta unidad son del Mioceno medio.

3.1.4.3. Límites y espesor.

Raasveldt (1953) dio como límite inferior de la Formación Hibácharo la Formación Las Perdices y como límite superior, la Formación Gallinazo. En el presente trabajo, de acuerdo con la revisión de las nomenclaturas estratigráficas utilizadas en la región Caribe, se determinó como límite inferior la Formación Las Perdices, con un contacto aparentemente paraconforme, pero con un hiato entre las dos formaciones, como ya se discutió. El límite superior de la Formación Hibácharo se determinó con la Formación Tubará; al occidente del Municipio de Usiacurí este contacto se observó en discordancia angular.

3.1.4.4. Edad y correlación.

Raasveldt (1953) asigna la Formación Hibácharo al Mioceno medio; Bürgl (1957), en la sección del arroyo Saco, hace equivalencias con la nomenclatura de Raasveldt y asigna la Formación Hibácharo al Mioceno medio. Muestras colectadas y analizadas en el presente trabajo registran el Mioceno medio.

La Formación Hibácharo se correlaciona con la Formación Rancho del Anticlinorio de San Jacinto.

3.1.5. Formación Tubará (Ngt)

3.1.5.1. Definición

La referencia original de la Formación Tubará se debe a Anderson (1926), quien la llamó inicialmente “Tubera Group”, consistente de *shale*, areniscas arcillosas y areniscas, aflorantes

en el Municipio de Tubará. Raasveldt (1953) habla de ella como formación y Bürgl et al. (1955) mencionan una sección de referencia en el arroyo Saco (Atlántico). En este trabajo se utiliza el rango de formación y se incluye dentro de ella la Formación Saco de Raasveldt (1953), por razones prácticas de cartografía.

3.1.5.2. Descripción

La Formación Tubará aflora en el suroriente de la Plancha 23, en un área aproximada de 7 km². La dureza de las rocas genera formas elevadas manifiestas en crestas alargadas. La mejor exposición de la unidad se localiza a lo largo de la carretera Villanueva – San Estanislao.

Está constituida por areniscas de grano medio a grueso, cuya composición es de 35 % de cuarzo, 35 % de feldespato, 30 % de líticos (chert, limolita y bioclastos); los granos son angulares a subredondeados; hacia la base se alternan areniscas conglomeráticas y conglomerados con clastos de cuarzo lechoso, limolitas silíceas, chert negro y rocas ígneas porfiríticas, en matriz arenosa, en capas planas, estratificación cruzada y con costras ferruginosas lenticulares.

3.1.5.3. Límites y espesor.

La Formación Tubará yace discordante sobre la Formación Hibácharo, mientras que el techo se encuentra cubierto discordantemente, bien por las Gravas de Rotinet o por depósitos cuaternarios coluvioaluviales.

El espesor parcial medido por corte geológico es 100 m; en la Plancha 24 Sabalarga en la

sección del arroyo Gallinazo es de 206 m; en la sección de la carretera La Cordialidad el espesor medido es de 145 m, faltando el techo (Reyes & Zapata, 1996).

3.1.5.4. Edad y correlación

Desde Anderson (1929) la Formación Tubará se ha considerado del Mioceno; Royo y Gómez (1950) la coloca en el Mioceno medio; Bürgl (1957) la asigna al Mioceno inferior; Redmon (1953) la coloca en el Mioceno medio y superior, lo que es aceptado por van der Hammen (1958), Bürgl (1961) y Zimmerle (1968, en De Porta et al., 1974). Con las muestra analizadas en la Plancha 24 se asigna al Mioceno superior - Plioceno (Reyes & Zapata, 1996).

La Formación Tubará se correlaciona con la Formación Zambrano del Anticlinorio de San Jacinto y equivale al conglomerado de Isabel López (T6) y areniscas calcáreas de Santa Rosa (T5) de Caro et al. (1985).

3.2. Estratigrafía Cinturón del Sinú

En el sector norte el Cinturón del Sinú se ha denominado Bloque Tectónico de Turbaco (Reyes & Clavijo, 1996) y se localiza en el costado oriental de la ciudad de Cartagena. Afloran, de más antigua a más joven, las formaciones Arjona, Bayunca, Arroyo Grande y La Popa (Tabla 2).

3.2.1. Formación Arjona (PgNga)

3.2.1.1. Discusión.

Referencia original de la

Formación Arjona es de Anderson en 1926 (en De Porta et al., 1974), que designa para una secuencia de sedimentos marinos, del Eoceno, y que correlaciona con “Carmen Group” del área del río Magdalena.

Camacho et al. (1968) redefinen la unidad al norte y noreste de la localidad de Arjona, donde establecen dos miembros, el inferior conformado de lodolitas y areniscas, y el superior con predominio de areniscas.

En el presente trabajo se considera que la Formación Arjona corresponde con el miembro inferior de Camacho et al. (1968), ya que el miembro superior es del Paleoceno – Eoceno medio (más antiguo), y, por tanto, quedaría involucrado dentro de la Formación San Cayetano. La relación entre ellos es fallada, hecho que no fue considerado por los autores mencionados, dando lugar a una errónea superposición de secuencias.

3.2.1.2. Descripción.

La Formación Arjona aflora al norte y sur del Municipio de Arjona, en inmediaciones de las localidades de Rocha, Bayano, Chiquito (Plancha 29-30), Villanueva y Santa Catalina (Plancha 23); presenta una morfología ondulada levemente contrastante con la Formación San Cayetano.

Se levantaron cinco secciones de referencia que se describen a continuación.

- **Sección Cuatro Caminos – Chiquito.** Está localizada al norte de la Plancha 29-30, por la carretera Turbaco–caserío Chi-

quito. Se trata de una secuencia conformada por (Figura 7):

El segmento inferior que va hasta los 650 m está compuesto por lodolitas en capas delgadas, de color gris amarillo por alteración y areniscas arcóscicas de grano fino a grueso, en capas gruesas y muy gruesas macizas, de color amarillo ocre, cemento silíceo y moderada a mala selección; hacia la base se observa niveles de caliza micrítica, de color gris a amarillo por alteración, en capas medias, internamente masivas.

En la parte superior del segmento predominan las areniscas de grano grueso, conglomeráticas y conglomerados líticos de color amarillo claro, mal seleccionados en capas gruesas y muy gruesas y masivas; se presenta un nivel de chert, color crema y blanco, frecuentemente muy alterado y forma colinas alargadas y alineadas.

Un segmento intermedio, de 650 m a 1.520 m, conformado principalmente de lodolitas grises rojizas y amarillas por alteración, en capas delgadas y medias, planas, continuas, las cuales presentan internamente laminación plana paralela y ondulosa paralela; a menudo las lodolitas son calcáreas y hay intercalaciones esporádicas de areniscas de grano fino, cuarzosas, grises, con cemento silíceo y selección moderada; ocurren en capas delgadas; también hay intercalaciones de caliza micrítica, gris oscura en capas medias onduladas.

Un segmento superior de los 1.520 m a 2.520 m, caracterizado por la alternancia de areniscas, lodolitas y, en menor proporción, calizas. Las areniscas son de grano fino a

medio, arcóscicas, micáceas, grises y amarillas con cemento silíceo, a menudo calcáreo; capas delgadas y medias, planas y cuneiformes, con laminación interna ondulosa inclinada; las lodolitas son grises claras y amarillas por alteración, en capas delgadas, planas paralelas con laminación interna plana paralela; las calizas son micríticas compactas, gris oscuras, claras y amarillas por alteración en capas medias y gruesas, algunas capas presentan disolución y recristalización y tienen la apariencia de brecha. Es frecuente en toda la sección la presencia de yeso a manera de relleno de fracturas o en estratos hasta de 5 cm de espesor.

- **Sección Polver – Buenos Aires.** Está localizada al norte de la localidad de Rocha, entre las fallas de Villanueva – El Totumo y Casaloma (Figura 8). En la parte inferior de la sección, hasta los 1.111 m, se presenta un dominio de lodolitas a veces calcáreas, grises, gris amarillento y rojizo de alteración, en capas gruesas y muy gruesas, estratificación interna plana paralela; intercalaciones de areniscas de grano medio, grueso y conglomeráticas, arcóscicas a sublíticas, en capas gruesas cuneiformes. Dentro de las lodolitas son frecuentes nódulos de arenisca cuarzosa, cemento calcáreo y nódulos calcáreos, color crema y rosado. Esporádicamente hay calizas micríticas, grises, masivas, en capas medias plano-paralelas.

En la parte superior de la sección (de 1.111 m a 1.520 m) se presentan areniscas de grano medio, grueso y conglomeráticas, subarcóscicas y sublíticas, grises a gris amarillento, en capas medias y gruesas, planas a cuneiformes,

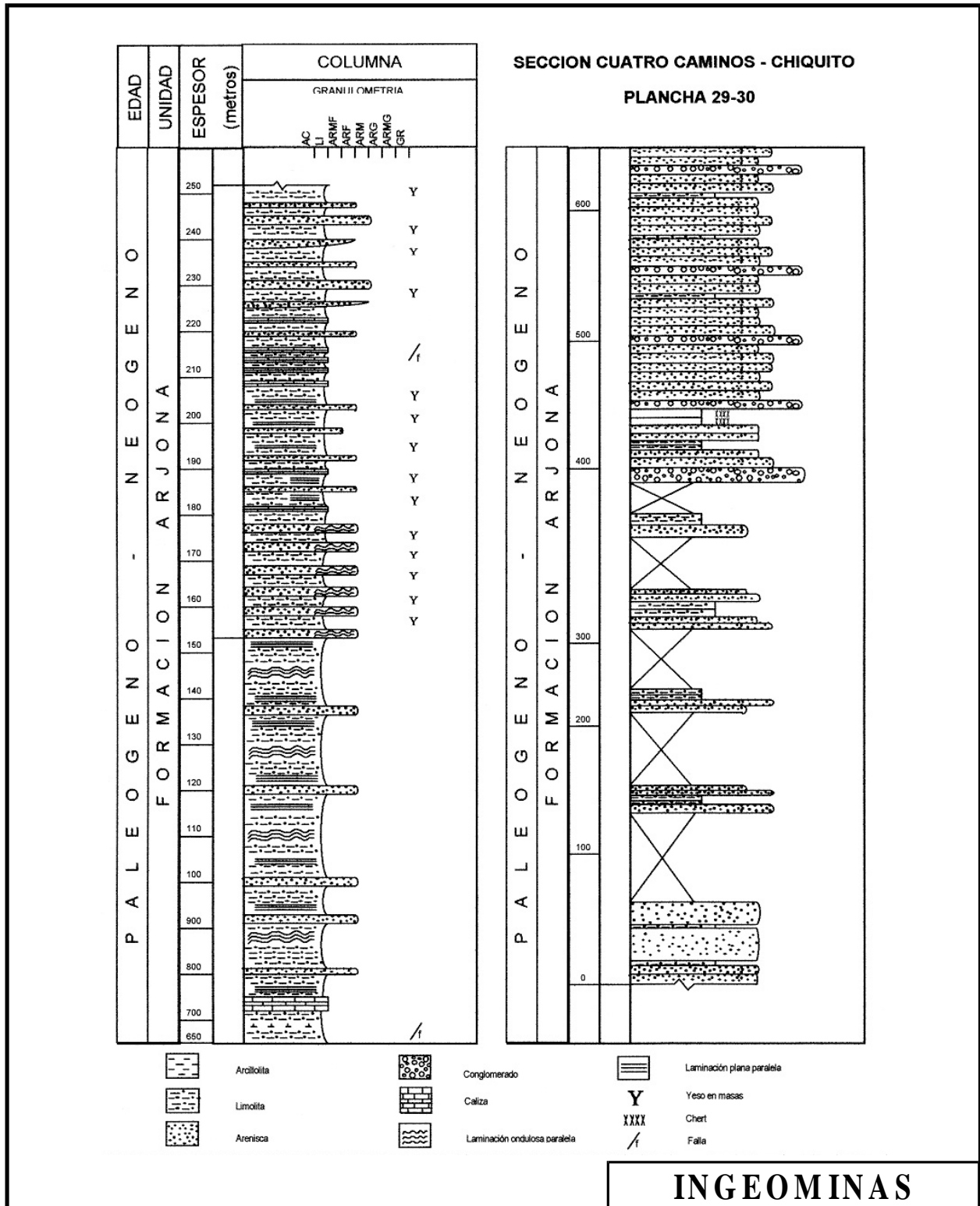


Figura 7. Columna Estratigráfica de la Formación Arjona.

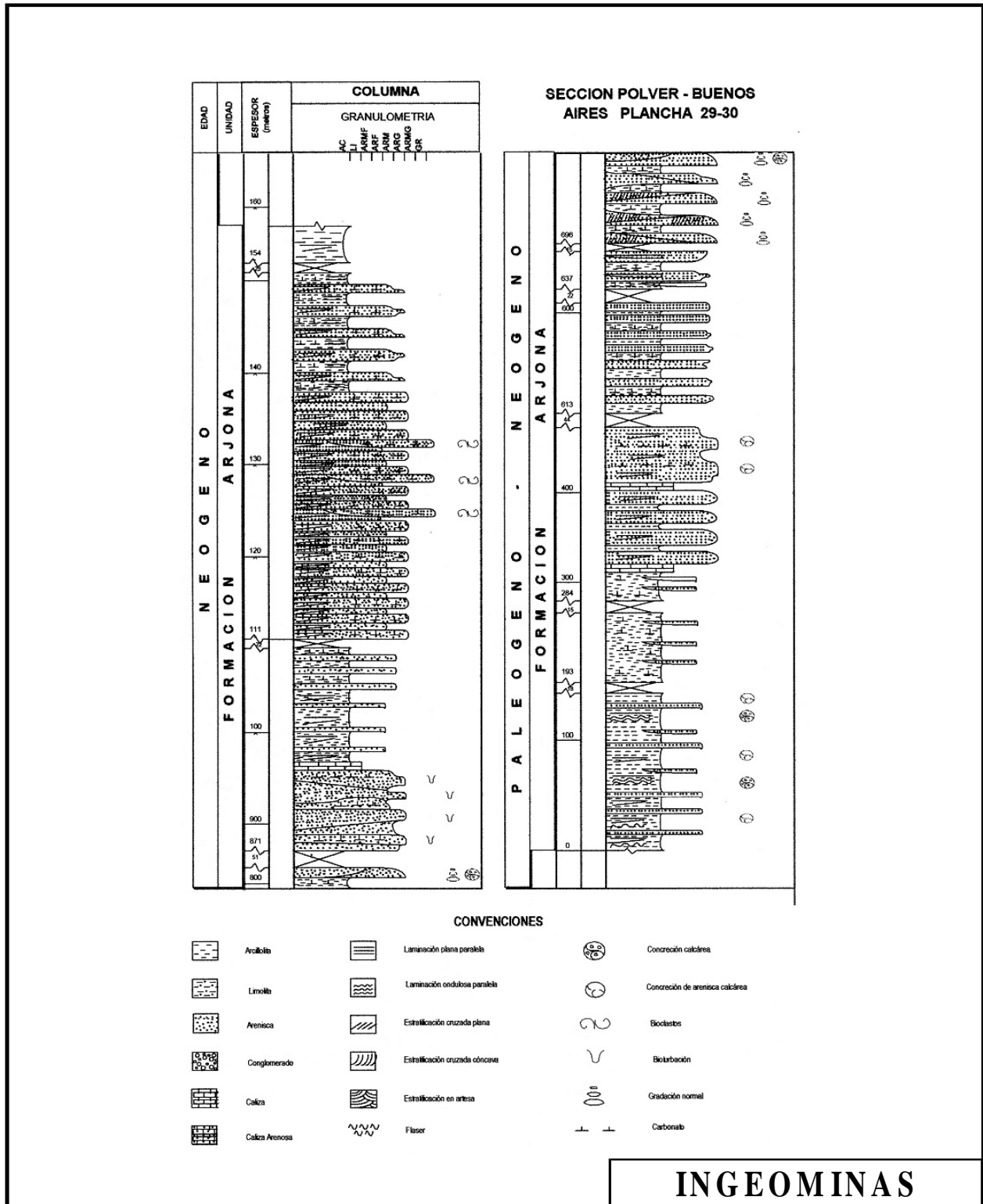


Figura 8. Columna Estratigráfica de la Formación Arjona.

internamente masivas y laminación interna plana paralela. Se intercalan lodolitas grises en capas gruesas, con laminación interna plano paralela. Es frecuente la presencia de yeso en laminas estratiformes como relleno de fracturas.

- Sección Hacienda Pomares.

Esta sección está localizada al sur de la plancha y hacia el oriente de la hacienda Pomares; aunque se midieron 1.320 m representados en lodolitas, areniscas conglomeráticas, chert y caliza (Figura 9), este espesor puede estar incrementado por la Falla de Casaloma.

En la parte inferior, hasta los 700 m, hay intercalaciones de lodolitas, de color gris a gris moteados por bioturbación, en capas planas delgadas y medias, estratificación interna plana discontinua; areniscas de grano grueso, conglomeráticas, y conglomerados, de composición sublítica a cuarzosa, mal seleccionados, granos subangulares, en capas delgadas a medias, masivas; sobre estos estratos se presentan intercalaciones de chert de tono rojizo, en capas delgadas, planas paralelas continuas, con areniscas y lodolitas como las ya descritas; el chert en algunos sectores pasa gradualmente a caliza. Esta caliza es micrítica de color gris claro, dispuesta en capas medias planas, que frecuentemente engloban nódulos de chert.

La parte superior de la secuencia, del metro 700 al 1.320, está compuesta de areniscas de grano medio a grueso y conglomerados, de composición subarcósica, sublíticas y ocasionalmente cuarzosas; la matriz es arcillosa, el cemento calcáreo o síliceo, los granos son subangulares y

subredondeados, tiene mala selección; las capas son medias a gruesas masivas, planas o cuneiformes, estratificación interna plana no paralela, cruzada y granodecreciente. Hay intercalaciones esporádicas de caliza micrítica, color crema, masiva, en capas delgadas a medias planas y lodolitas gris-verdosas, amarillas y rojizas por alteración; se presentan en capas delgadas y medias, planas, internamente laminadas.

- Sección de Arroyo Sabaneta.

Levantada en el cruce del puente que se Sipacoa conduce a la región de El Totumo (cuadrícula H-7) y continúa por el arroyo que va casi paralelo a la vía Sipacoa-San Luis (Figura 10).

En el arroyo Sabaneta se observa un grueso paquete de limolitas y areniscas de grano fino muy alteradas y después de un tramo cubierto, justo en el cruce del puente, se encuentra la primera capa de areniscas de grano medio con nódulos irregulares de areniscas de grano fino muy calcáreas.

Sobre esta capa de areniscas se observa interestratificadas limolitas (predominantes), areniscas de grano medio y areniscas de grano fino; la estratificación interna plana paralela es común en todas las capas y sobre los planos hay concentración de fragmentos de plantas carbonizadas; los primeros 26 metros de sección son de color gris azulado oscuro y con predominio de restos carbonizados.

A partir de los 26 metros de sección hasta los 74 m, se observa más o menos las mismas

características de estratificación, pero los fragmentos de materia orgánica están muy oxidados y la roca adquiere un color amarillo anaranjado.

Supraye a la secuencia anterior un grueso paquete de 106 m, de capas gruesas a muy gruesas de areniscas, de grano grueso conglomeráticas, muy calcáreas, estratificación masiva, plana paralela y ondulosa paralela.

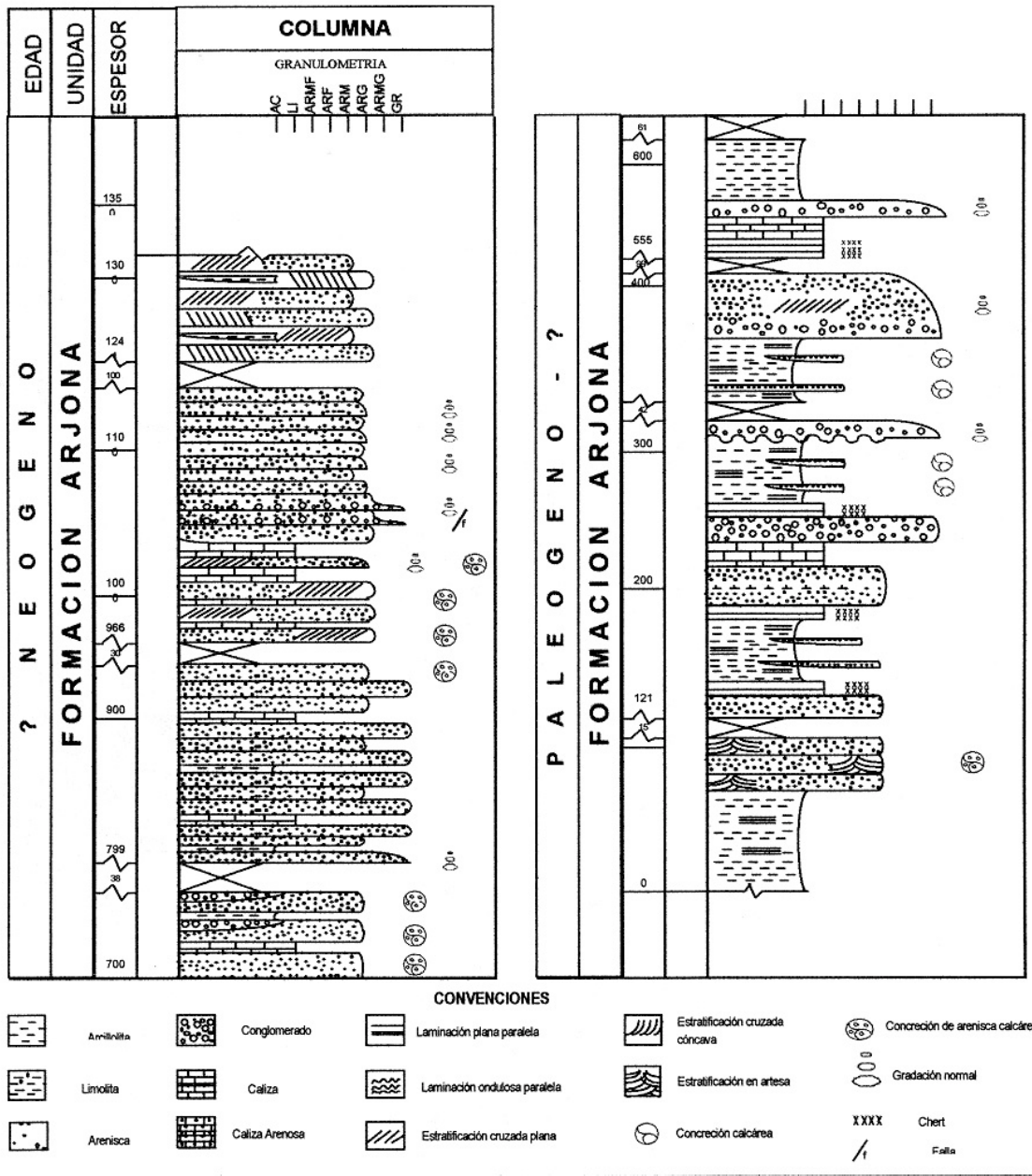
Sobre la anterior secuencia y hasta el techo de la sección hay un grueso paquete de areniscas feldespáticas de grano medio con algunos fragmentos de carbón tamaño grava, más abundantes que en el intervalo anterior y donde predominan las estructuras onduladas no paralelas, ondulado paralelas y estructuras de *slumping*.

Por la carretera Sipacoa- San Luis se encuentra un afloramiento de areniscas lodosas, de grano fino en capas cuyo espesor fluctúa entre 0,20 y 0,80 m, con estratificación interna plana paralela, interestratificada con lodolitas arenosas, deleznales, en capas de 0,50 a 0,20 m de espesor con abundantes conchas de moluscos; hacia el techo se observa una capa con concentraciones nodulares de calizas clásticas. Al parecer esta unidad hacia el techo muestra concentraciones de moluscos. Lo mismo se observó en un afluente del arroyo Sabaneta.

- Sección de Referencia Punta

Canoa. Esta sección fue levantada a lo largo de la playa en el área de Punta Canoa; aquí la secuencia forma una estructura anticlinal (cuadrícula E-2). Espesor 419 m (Figura 11).

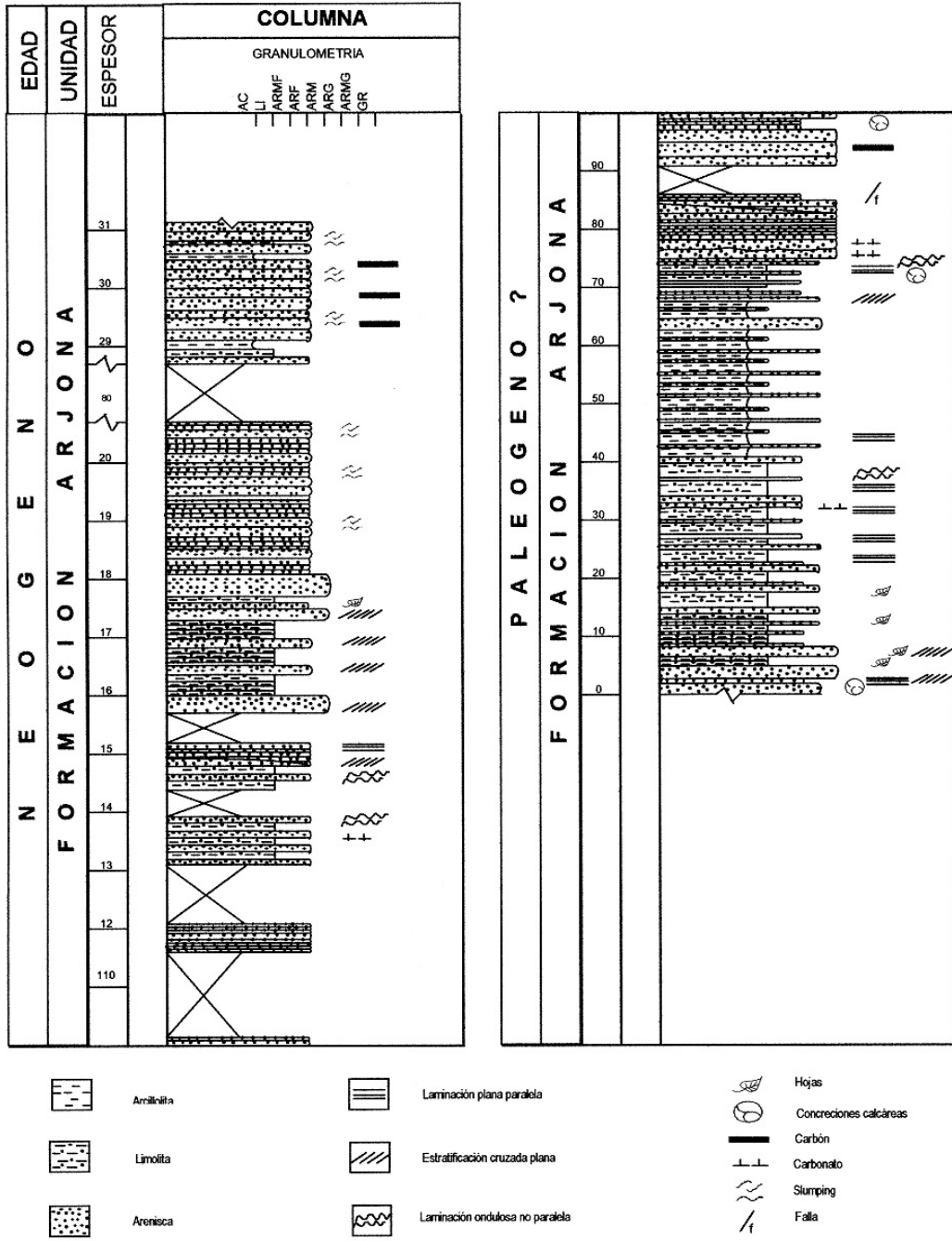
SECCION HACIENDA POMARES



INGEOMINAS

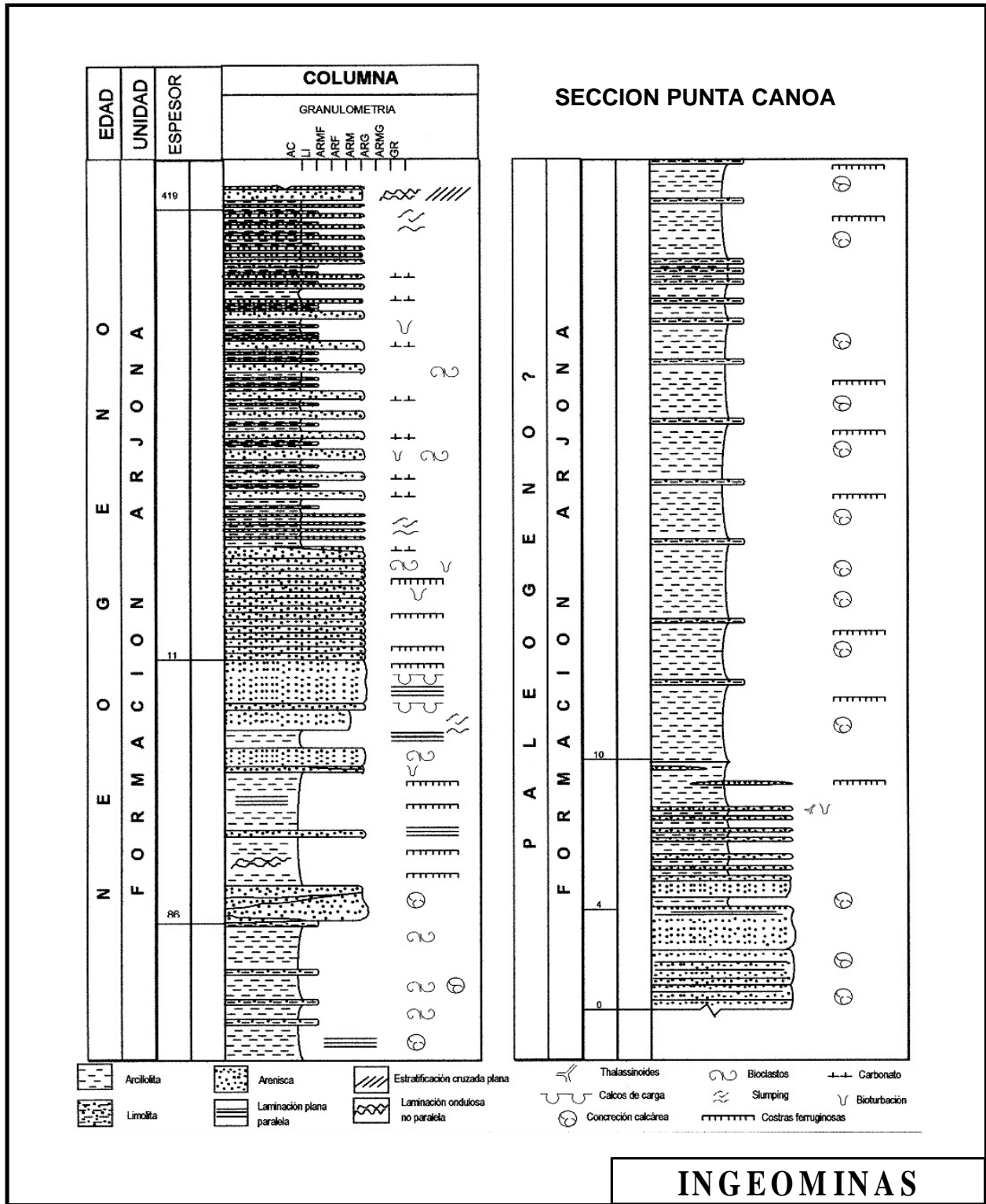
Figura 9. Columna Estratigráfica de la Formación Arjona.

SECCION ARROYO SABANETA



INGEOMINAS

Figura 10. Columna Estratigráfica de la Formación Arjona.



INGEOMINAS

Figura 11. Columna Estratigráfica de la Formación Arjona.

En los primeros 10 m de la secuencia afloran capas gruesas a muy gruesas de 0,50 a 2,30 m de areniscas líticas de grano fino, con estratificación plana paralela y concentraciones nodulares de calizas microesparíticas; en las capas de areniscas se observa hacia la base clastos tamaño grava de arcillolitas grises y hacia el techo clastos de micrita oxidada, areniscas ferruginosas e intercalaciones de arcillolitas grises bioturbadas.

Sobre el paquete anterior se aprecia 166 m compuestos por lodolitas en capas gruesas a muy gruesas con capas delgadas (10 y 20 cm) de limolitas; en las arcillolitas se observa nódulos que varían en diámetro de 1,00 a 0,20 m, de micritas; se observa concentraciones de moluscos en las arcillolitas. Luego se encuentra un segmento compuesto a la base por areniscas de grano fino, masivas con concentraciones nodulares de areniscas finas y calcáreas; continúa con un conjunto del metro 86 al 176 de espesor, compuesto por interestratificaciones de areniscas con moluscos bioturbados y arcillolitas con estratificación plana paralela y ondulosa paralela, con conjuntos de capas medias de areniscas con concentraciones de óxido en los contactos interestratificados con arcillolitas y limolitas; los espesores de estos conjuntos son muy notorios entre 10 y 30 m. Hacia el techo del segmento se observa estructuras de derrumbamiento (*slumping structures*).

Supraye al segmento anterior una gruesa secuencia de 243 m, conformada por capas de areniscas de cuarzo, interestratificados con arcillolitas y limolitas

en capas delgadas, medias y gruesas. En este segmento se observa alta bioturbación, concentraciones de moluscos, costras ferruginosas, clastos de carbones tamaño grava y, hacia la parte media del segmento, estructuras de derrumbe.

3.2.1.3. Límite y espesor.

La posición estratigráfica de la Formación Arjona no ha sido determinada. En el área de trabajo no se encuentra ninguno de sus límites; parcialmente, está cubierta discordantemente por la Formación La Popa y por las Gravas de Rotinet; los afloramientos más orientales están fallados con la Formación San Cayetano. El espesor de la unidad en la sección Cuatro Caminos-Chiquito es de 2.500 m y en la sección Polver – Buenos Aires es de 1.600 m; en ambas secciones hay un fallamiento que puede estar aumentando el espesor.

3.2.1.4. Ambiente.

Hacia el techo de la secuencia se observa amplia continuidad lateral de las capas, canales rellenos con material clástico, alta bioturbación y una destrucción casi total de las estructuras sedimentarias primarias; hacia la base, sedimentos pelágicos y hemipelágicos con abundante concentración de material orgánico, restos de plantas y estructuras de derrumbe, orientan a pensar en un depósito de plataforma continental afectada por movimientos tectónicos que eventualmente darían origen a flujos por gravedad, probablemente en una zona de quiebre de pendiente.

3.2.1.5. Edad y correlación.

Anderson (1929, en De Porta et al., 1974) asigna la Formación Arjona al Mioceno y Bürgl (1961) la asigna al Oligoceno superior; sin embargo, siempre han existido algunas dudas sobre la edad más antigua de la unidad. En la Plancha 29-30 en el área de Coloncitos se determinó el Oligoceno superior-Mioceno, representativo para la Formación Arjona. Las muestras tomadas en la región de Sipacoa dieron muy poca fauna y no diagnóstica; las muestras tomadas en la sección de Punta Canoa son del Oligoceno y Mioceno.

La Formación Arjona es correlacionable con la Formación Carmen del área del Carmen de Bolívar, con la Formación Porquero del área de Montería y con la Formación Las Perdices del área de Luruaco.

3.2.2. Formación Bayunca (Ngb)

3.2.2.1. Definición.

El nombre Bayunca proviene de la localidad homónima al noreste de Cartagena, pero se desconoce el proponente; aparece en la literatura en 1968 en una publicación de Germeraad, Hopping & Moller (en De Porta et al., 1974).

3.2.2.2. Descripción.

La Formación Bayunca tiene una morfología suave, ondulada a plana y su descripción se hace con base en afloramientos aislados ubicados entre la localidad de Pasacaballos y el caserío de Albornoz.

- **Sección de referencia cantera Manzanillo.** En la cantera Manzanillo se levantó una sección de referencia con el fin de reconocer la litología características de esta unidad; se observó el contacto con la infrayacente Formación Arjona (Figura 12).

En esta cantera se observa una secuencia de 100 m, donde hacia la base y con un espesor de 20 m afloran capas de areniscas de grano muy fino, fósiles, ligeramente feldespáticos (3%) y ligeramente líticas y en capas que varían entre 5 y 25 cm. Estas areniscas se tornan más espesas hacia el techo, presentan estratificación interna plana paralela y están interestratificadas con limolitas, areniscas grises con estratificación ondulosa paralela, en capas que varían de 10 a 80 cm de espesor. En algunos niveles se observa concentración de bivalvos y turritellas en los planos de estratificación, en otros se encuentran capas nodulares de areniscas calcáreas de grano fino.

Le suprayace un grueso paquete de 65 m, donde se observa alternancia de areniscas de grano fino en capas cuyo espesor fluctúa entre 3, 5 y 10 cm, interestratificadas con capas gruesas de limolitas arcillosas con concentración de moluscos y nódulos que sobresalen por ser más resistentes a la erosión que las areniscas calcáreas.

En los últimos 15 m superiores de la secuencia aumenta el espesor de las capas de areniscas que alcanzan espesores hasta de 80 cm que muestran estratificación en artesa a gran escala y estructuras de derrumbamiento (*slumping structures*); en el techo afloran

capas de areniscas de grano grueso a areniscas conglomeráticas de guijos, en capas medias y gruesas.

En general, esta unidad se encuentra constituida por una secuencia de lodolitas gris oscuras, claras y negras, con niveles de oxidación de color amarillo, en capas delgadas y medias, laminación interna ondulosa discontinua. Son frecuentes las lodolitas moteadas bioturbadas; la secuencia presenta intercalaciones de limolitas grises pasando a pardas, en capas delgadas; principalmente hacia el techo de la unidad hay intercalaciones de areniscas de cuarzo, gris claro y amarillo claro, de grano fino hasta conglomeráticas; estas últimas son líticas, en capas delgadas y gruesas, estratificación inclinada, flaser, plana paralela y masivas. Son frecuentes capas de areniscas con cemento calcáreo y gran contenido de conchas de moluscos y restos de plantas. En toda la secuencia es común encontrar yeso en láminas que rellenan fracturas con disposición estratiforme.

3.2.2.3. Límite y espesor.

El límite inferior de la Formación Bayunca es desconocido en el área; el superior es discordante con la Formación La Popa y con la Formación Arroyo Grande. El espesor de la unidad tampoco se conoce, pero se puede estimar en por lo menos 500 m, aunque por estar plegada y fallada, el espesor puede variar.

3.2.2.4. Ambiente.

Aparentemente esta unidad se formó en una zona intermedia, pues muestra características de sedimentos con canales y

abundante concentración de conchas, en otras partes, areniscas que rellenan canales abandonados y en otros, contactos erosionales en canales formados en zonas de mareas.

En detalle se observa también estratificación ondulosa paralela que puede ser completamente borrada por la alta bioturbación; en otras capas se observa transporte de conchas de pelecípodos que se orientan a lo largo de la estratificación cruzada, pero también se puede observar conchas de pelecípodos que yacen en posición de vida. Esto hace pensar en depósitos en zonas de mareas (Reineck, 1967; Thompson, 1975 ; Weimer et al., 1992)

3.2.2.5. Edad y correlación.

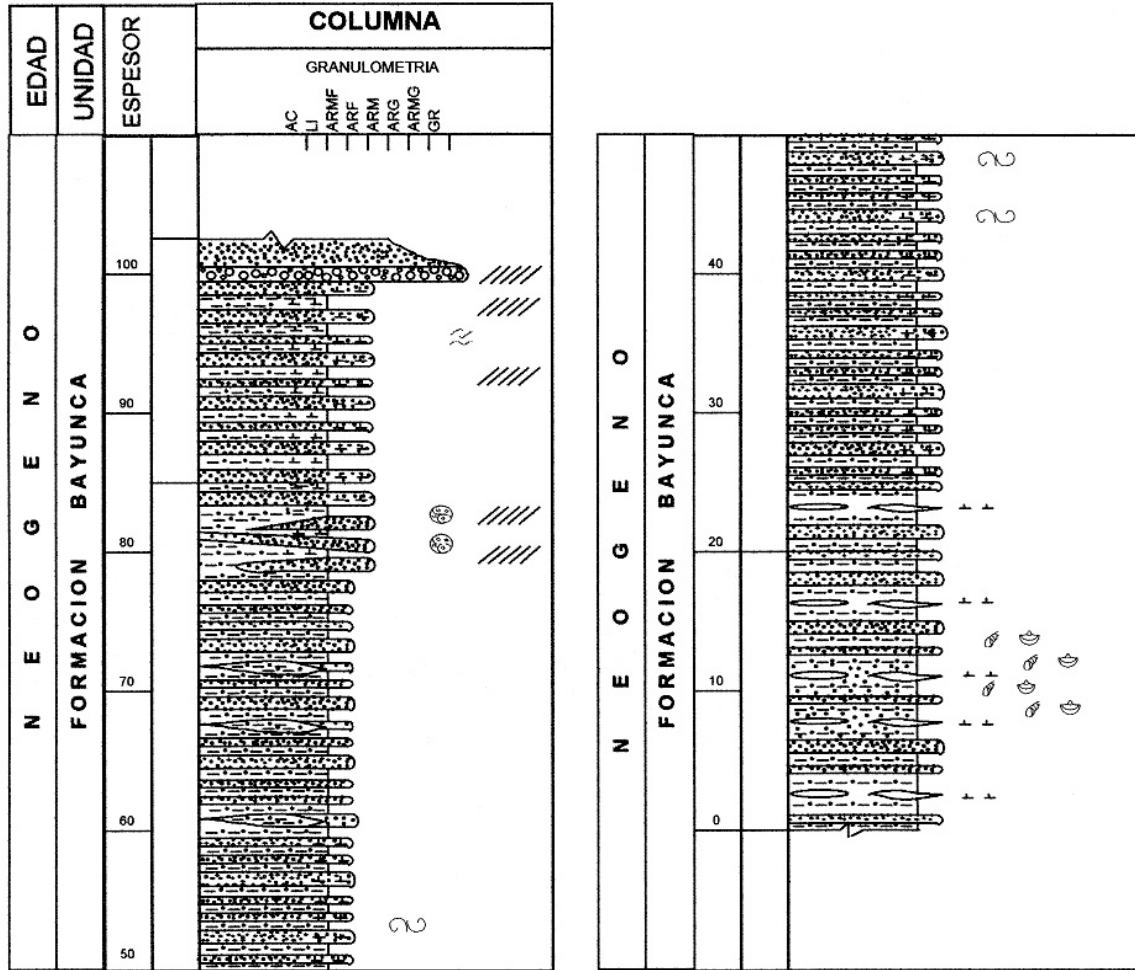
Duque-Caro (1967) determina fauna del Mioceno inferior y medio, en el áreas de Pasacaballos. Guzmán (1994, comunicación escrita) encuentra fauna del Plioceno. Por lo tanto, a la unidad se le puede asignar un rango comprendido entre el Mioceno y el Plioceno. Se correlaciona con la Formación Tubará del área de Barranquilla y con la Formación Zambrano del área de El Carmen – Zambrano.

3.2.3. Gravos de Rotinet (Qpr)

3.2.3.1. Definición.

Link (1927, en De Porta et al., 1974) introduce el término Rotinet Gravels para designar un abanico formado por contactos y bloques de rocas ígneas, calizas y chert negro que se extiende en los alrededores de la ciénaga del Guájaro. Caro et al. (1985) designan informalmente Gravos de

CARRETERA MANZANILLO



CONVENCIONES

- | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---------------------------------|----------|--|----------|--|-------------|--|-------------|--|--|-------------------------------|--|---------------------------------|--|------------|--|-------------|--|----------|--|----------|
| <table border="0"> <tr> <td style="text-align: center;"></td> <td>Limolita</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"></td> <td>Arenisca</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"></td> <td>Conlomerado</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"></td> <td>Arcillolita</td> </tr> </table> | | Limolita | | Arenisca | | Conlomerado | | Arcillolita | <table border="0"> <tr> <td style="text-align: center;"></td> <td>Estratificación cruzada plana</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"></td> <td>Concreción de arenisca calcárea</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"></td> <td>Bioclastos</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"></td> <td>Gastrópodos</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"></td> <td>Bivalvos</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"></td> <td>Slumping</td> </tr> </table> | | Estratificación cruzada plana | | Concreción de arenisca calcárea | | Bioclastos | | Gastrópodos | | Bivalvos | | Slumping |
| | Limolita | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Arenisca | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Conlomerado | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Arcillolita | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Estratificación cruzada plana | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Concreción de arenisca calcárea | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Bioclastos | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Gastrópodos | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Bivalvos | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Slumping | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

INGEOMINAS

Figura 12. Columna Estratigráfica de la Formación Bayunca.

Rotinet a sedimentos que afloran en inmediaciones de la población de Rotinet y la Aguada de Pablo.

3.2.3.2. Descripción.

Las Gravas de Rotinet afloran en el extremo noroeste de la plancha al norte de la población de Piedras; presenta una morfología de mesetas que han sido disecadas. Está conformada por gravas de cuarzo, chert negro, rocas volcánicas, neises y limolitas, en capas muy gruesas, cuneiformes, con estratificación en artesa y macizas, con intercalaciones de arenitas cuarzosas a sublíticas, de grano fino a medio, deleznales, en capas cuneiformes delgadas y gruesas, con estratificación cruzada. La interestratificación de las gravas y las arenitas es gradual.

3.2.3.3. Límites y espesor.

El espesor de la unidad en el área de trabajo es de alrededor de 70 m. La unidad reposa discordantemente sobre la Formación San Cayetano.

3.2.3.4. Edad y correlación.

Caro et al. (1985) mencionan la cantera Barrera como localidad fosilífera donde se han reportado vertebrados fósiles a los cuales el paleontólogo Carlos Villarroel asignó al Pleistoceno un *Haplo-mastodon waringi*, especie de mastodonte suramericano. Estas dataciones permitieron asignar la unidad al Pleistoceno medio.

3.2.4. Formación Arroyo Grande (Qpag)

3.2.4.1. Definición.

En el presente trabajo se propone la denominación Formación Arroyo Grande para un depósito

de gravas y arenas aflorantes en el área de la localidad de Arroyo Grande en el noroccidente de la Plancha 23, y que suprayace a la Formación Bayunca. Esta unidad es en litología similar a las Gravas de Rotinet, sin embargo, la no conexión de las dos unidades y la influencia marina que se asume en la Formación Arroyo Grande permite considerarla como otra unidad diferente.

3.2.4.2. Descripción.

La Formación Arroyo Grande aflora en el sector noroccidental de la Plancha 23, al norte de la población de Arroyo Grande. Presenta una morfología ondulada similar a la de la Formación Bayunca, lo cual hace difícil su separación cartográfica. Se levantó una sección compuesta en la balstrera de Arroyo Grande (Figura 13) y otras dos de referencia al noroccidente de la Plancha 29-30; estas tres secciones se describen a continuación.

- **Sección Balstrera de Arroyo Grande.** La base está compuesta de 10 m de gravas de guijos de 0,5 a 6,0 cm (5%), con predominio de tamaño de 1,5 cm, subredondeados y bien redondeados, bien seleccionados, granos imbricados, con areniscas conglomeráticas y conglomerados arenosos de grano muy grueso a guijo. Se dispone en capas gruesas (50–60 cm) a muy gruesas (1,0–1,5 m), planas paralelas y ligeramente subparalelas; hacia la parte inferior hay capas delgadas de lodolitas gris.

La parte superior de la unidad está compuesta por 40 m 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 ligeramente onduladas paralelas, con estratificación cruzada. Hacia la parte inferior se presentan capas lenticulares de lodolitas, gris oscuras.

- Sección Turbaná – Turbaco.

La secuencia está constituida en la parte inferior por arcillolitas de tono rojizo y amarillento debido a la alteración, con intercalaciones de areniscas de cuarzo de grano fino, masivas y deleznales; ocurren en capas medias y gruesas, con interestratificaciones de arcillolitas calcáreas. Está suprayacida concordantemente por Formación La Popa.

- Sección Pasacaballos –

Hacienda El Chorro. La unidad en esta sección está caracterizada por la presencia de areniscas de cuarzo de grano fino, rojizas, alteradas, con intercalaciones de arcillolitas grises; en la parte superior aparecen areniscas gravosas y gravas, con estratificación cruzada planar y en artesa a gran escala, con intercalaciones de arcillolitas rojizas alteradas; sobre la anterior secuencia se presenta la Formación La Popa compuesta por calizas arrecifales, lodosas.

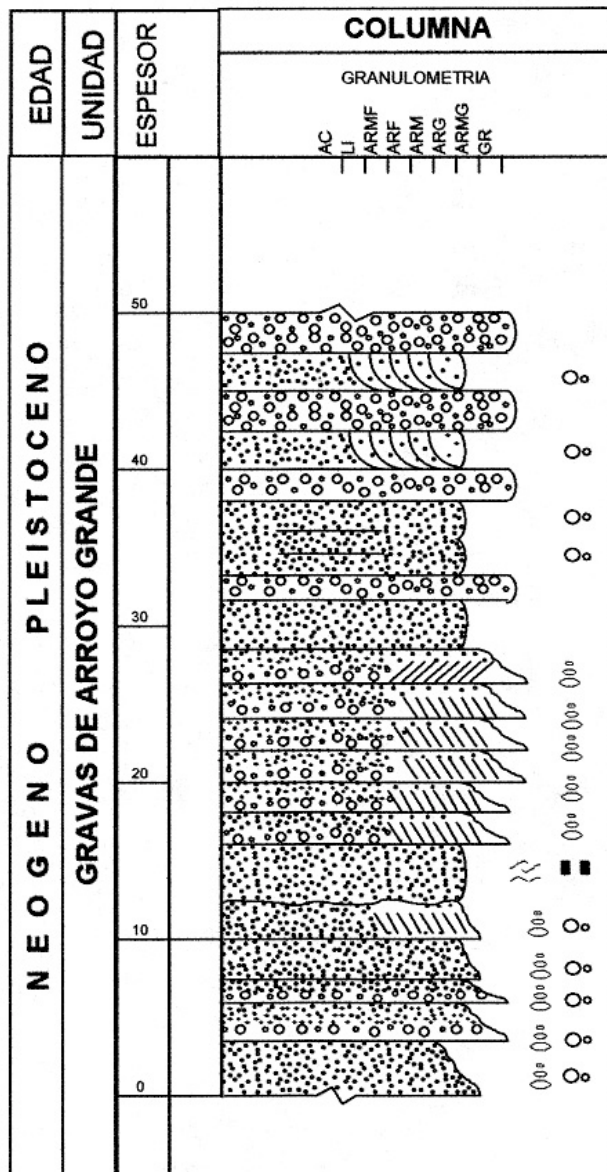
3.2.4.3. Límites y espesor.

En el área de trabajo la Formación Arroyo Grande yace discordantemente sobre la Formación Bayunca y está suprayacida por depósitos cuaternarios. En la sección levantada se midieron 50 m, sin embargo, el espesor puede ser un poco mayor.

3.2.4.4. Edad y correlación.

Por la poca consolidación de las gravas y arenas que componen la Formación Arroyo Grande, se

SECCION BALASTRERA ARROYO GRANDE



CONVENCIONES

- Arenisca
- Conglomerado
- Carbón
- Slumping
- Gradación normal
- Estratificación cruzada plana
- Estratificación cruzada cóncava

INGEOMINAS

Figura 13. Columna Estratigráfica de la Formación Arroyo Grande.

asume como una unidad joven; además, por comparación litológica con las Gravas de Rotinet y su posición estratigráfica sobre la Formación Bayunca, se considera la Formación Arroyo Grande del Pleistoceno, sin mayor precisión. Se correlaciona con las Gravas de Rotinet, por su edad y litología similar, aunque se consideran de ambiente diferentes.

3.2.5. Formación La Popa (Qpp)

3.2.5.1. Definición.

Inicialmente, Anderson (1926, en De Porta et al., 1974) denomina “La Popa Group” a un conjunto de *shales* arenosos, areniscas con corales y arrecifes coralinos expuestos en los alrededores de Cartagena. Bürgl (1957) redefine la unidad como Formación La Popa, en el cerro del mismo nombre, constituida por arcillas micáceas, arenosas, areniscas y calizas coralinas con un espesor de 150 m.

Camacho et al. (1968) subdividen la unidad en dos miembros; el inferior compuesto por arcillas plásticas, margosas y areniscas de cuarzo, y el superior compuesto de calizas margosas coralinas, algáceas y con moluscos. Angel et al. (1985), para referirse al miembro inferior, utilizan el término Unidad Detrítica de La Popa y para el superior Calizas Arrecifales de La Popa. En el presente trabajo se reconoce los dos miembros y se prefiere utilizar el término La Popa para el calcáreo y Arroyo Grande para el detrítico, como ya se mencionó.

3.2.5.2. Descripción.

La Formación La Popa aflora al

oeste del área de trabajo, en las poblaciones de Ballesta, Turbaná, Turbaco, en las islas Barú y Tierra Bomba, al sur de la localidad de Albornoz y Cartagena.

- **Traversa Turbaco – Polvo Azul.** En esta travesa aflora ampliamente en numerosas canteras. Está conformada por calizas arrecifales compactas, cristalinas y arenosas de color amarillo claro, coralinas, con conchas de moluscos, masivas a ligeramente estratificadas. Hacia la parte media de la travesa se encuentran corales ramificados. A menudo presentan procesos de disolución que dejan al descubierto los depósitos de las Gravas de Rotinet.

- **Sección Cantera Albornoz.** En la cantera de Albornoz la empresa Colclinker realizó una perforación de 131 m dentro de la Formación La Popa, con las siguientes características (figura 14).

En la parte inferior, se presentan 15 m de calizas arrecifales, color amarillo claro, terrosas o cristalinas, compactas, con abundantes corales y bivalvos en disposición desorganizada; sobre ésta aparecen 18,5 m de arcillas plásticas grises y pardas, alteradas. Ocurren en capas delgadas, con intercalaciones de arenas de cuarzo, de grano fino y medio, amarillo claro, también en capas delgadas; luego aparecen 15 m de arenas; encima hay 22,5 m de lodolitas calcáreas, gris oscuras, pardas y amarillo claro por alteración, en capas delgadas; sobre éstas se presentan 30 m de calizas arrecifales, amarillo claro a crema, cristalinas y terrosas, compactas o cavernosas, con corales y conchas de bivalvos dispuestos en forma caótica, las

capas no están bien definidas; el techo de esta secuencia está constituido por 30 m de arcillas grises, pardas a negras, muy plásticas, en capas delgadas, masivas, alteradas, con intercalaciones de arenas de grano fino, cuarzosas y líticas, gris oscuras, arcillosas; algunas son bioclásticas, con conchas de bivalvos y gasterópodos.

Sección de Referencias Casco Urbano de Cartagena. En esta sección afloran las Formaciones Bayunca (170 m) y La Popa (125 m) (Figura 15).

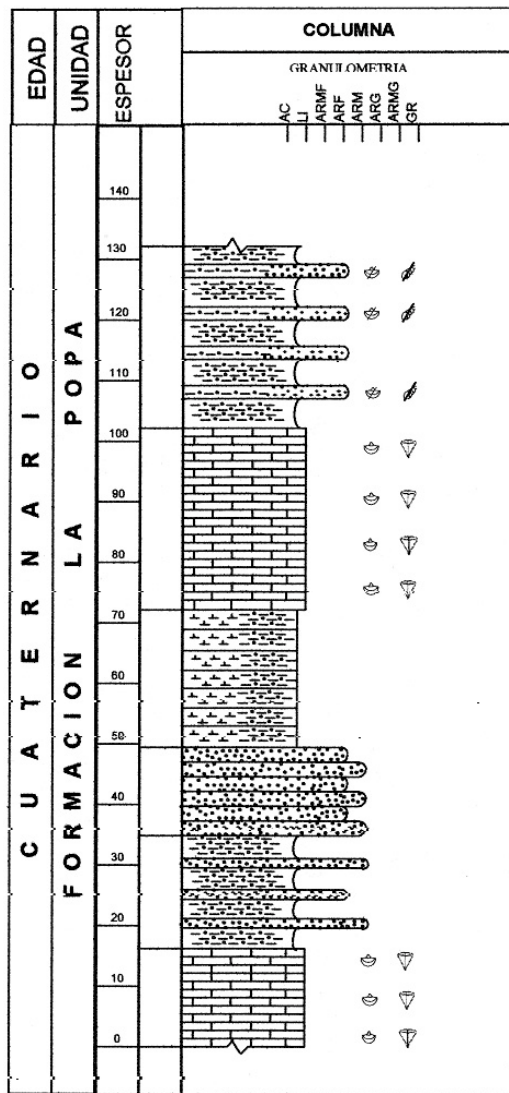
En esta sección el estratotipo de techo de la Formación Bayunca es un nivel de arenisca conglomerática de guijos, en contacto discordante con un nivel de caliza arrecifal, donde aparecen abundantes conchas de bivalvos, gasterópodos y equínidos, mezclados con fragmentos de corales y abundantes espículas de equínidos.

Los primeros 35 m de la Formación La Popa (conjunto C) consisten en calizas arrecifales en capas medias y gruesas interestratificadas con capas delgadas arenolodosas que contienen abundantes fragmentos de moluscos equínidos y corales.

Suprayace al nivel anterior un conjunto de 50 m (conjunto B) de limolitas calcáreas, grises, muy fosilíferas en capas que varían de 3 a 7 m de espesor con intercalaciones lenticulares de areniscas grises, calcáreas y niveles de biohermas de corales.

El conjunto superior, con un espesor de 40 m (conjunto A), está compuesto por calizas arrecifales;

PERFORACION CANTERA ALBORNOZ



CONVENCIONES

- | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---------------------------|----------|--|----------|--|----------|--|--------|---|--|-----------|--|-----------------------|--|---------|--|---------------------------|
| <table border="0"> <tr><td></td><td>Arcolita</td></tr> <tr><td></td><td>Limolita</td></tr> <tr><td></td><td>Arenisca</td></tr> <tr><td></td><td>Caliza</td></tr> </table> | | Arcolita | | Limolita | | Arenisca | | Caliza | <table border="0"> <tr><td></td><td>Carbonato</td></tr> <tr><td></td><td>Bivalves y fragmentos</td></tr> <tr><td></td><td>Corales</td></tr> <tr><td></td><td>Fragmentos de gastrópodos</td></tr> </table> | | Carbonato | | Bivalves y fragmentos | | Corales | | Fragmentos de gastrópodos |
| | Arcolita | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Limolita | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Arenisca | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Caliza | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Carbonato | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Bivalves y fragmentos | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Corales | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Fragmentos de gastrópodos | | | | | | | | | | | | | | | | |

INGEOMINAS

Figura 14. Columna Estratigráfica de la Formación La Popa.

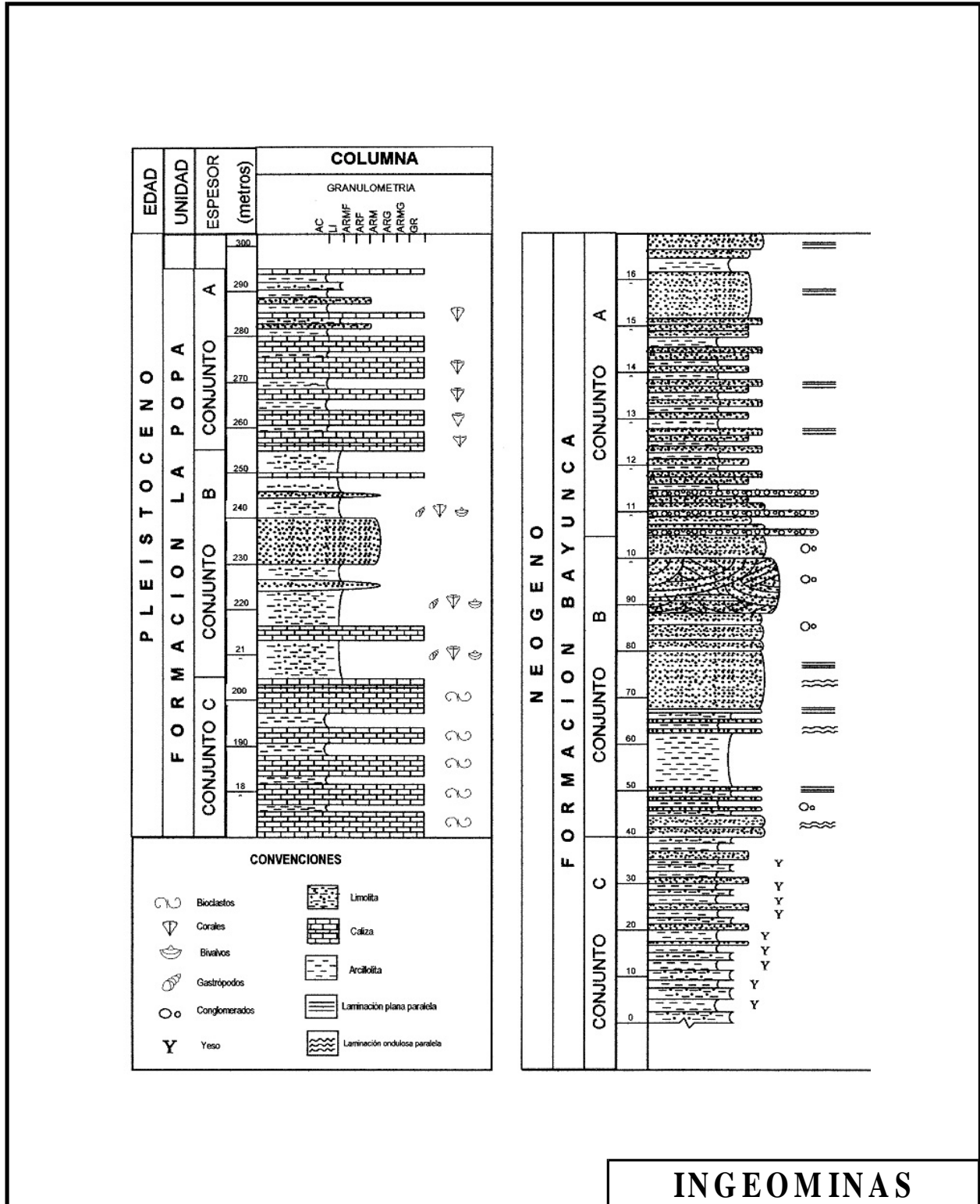


Figura 15. Columna Generalizada del casco urbano de Cartagena.

los primeros 25 m con delgadas interstratificaciones de arcillas grises y hacia el techo, limolitas calcáreas, calizas bioclásticas y arcillolitas rojizas y grises con areniscas en capas de 1 a 3 m de espesor.

Discordantemente sobre las calizas, se encuentran depósitos semiconsolidados de arenas de grano grueso a medio, en capas muy gruesas.

- **Sección de Referencia Cerro Púa.** En esta sección de base a techo se encontró la siguiente secuencia con un espesor de 30 m.

En la base se encuentran areniscas ligeramente lodosas bioclásticas de grano muy fino, que varían a limo, con conchas de bivalvos (5-10%) en tamaños que varían de 2 a 7 mm de diámetro, areniscas altamente bioturbadas con madrigueras de cangrejos de 4 cm de diámetro y 50 cm de longitud, los que forman cámaras comunicadas entre sí y dispuestas en una gran mayoría paralelas a la estratificación. Esta base corresponde a la Formación Bayunca.

Sobre el nivel anterior hay un segmento de 16 m de calizas, donde se observa en la base fragmentos de corales y espículas de equínidos en una matriz areno arcillosa de color gris claro, espesor de 10 cm.

A esta capa basal le sigue una alternancia de esparruditas con bioclastos de corales, bivalvos, gasterópodos, serpúlidos y bioesparruditas clásticas, con fragmentos de menor tamaño que el de las capas anteriores y mucho más dispersos, en una matriz areno

lodosa; tanto las espículas como las conchas se disponen en forma irregular, aunque preferiblemente paralelas a la estratificación. La estratificación no se conserva bien definida; en general, es plana paralela, en capas gruesas y medias.

El anterior segmento es suprayacido por 13 m de una alternancia de capas muy resistentes de bioesparruditas de corales ramificados, pero en menor cantidad que las primeras, y capas con fragmentos de corales ramiformes, gasterópodos y pectínidos en una matriz lodoarenoso calcárea. Estas secuencias se repiten a lo largo del segmento en capas medias y delgadas, ocasionalmente gruesas con contactos planos – paralelos (Figura 16).

3.2.5.3. Límites y espesor.

La Formación La Popa se aprecia discordante sobre la Formación Arjona en el área de Arjona, en el área de Coloncitos al norte de Turbaco y sobre la Formación Bayunca en el área costera entre Pasacaballos y Albornoz. En el área de Turbaco se aprecia concordante sobre la Formación Arroyo Grande. El techo está suprayacido por los depósitos aluviales y marinos recientes.

Su espesor es variable y puede alcanzar 100 m o más en el área de Turbaco, mientras que al oriente de Pasacaballos el espesor es inferior a 40 m.

3.2.5.4. Ambiente.

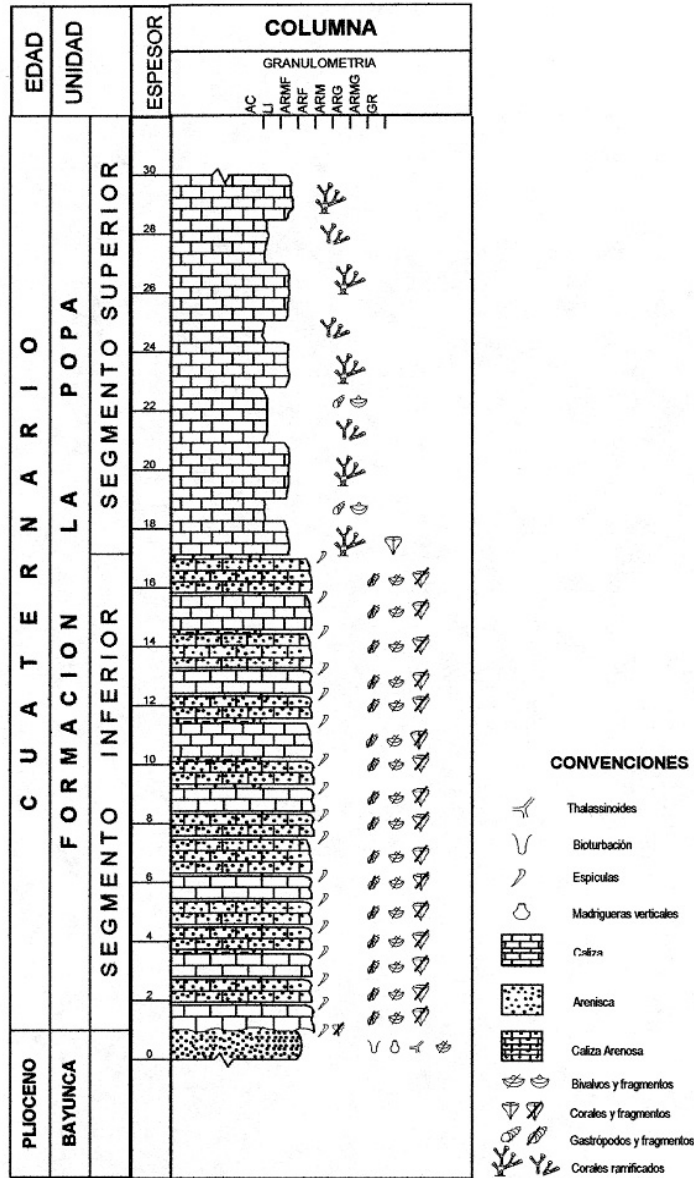
Al realizar el reconocimiento regional, acerca de la posición de los cuerpos calcáreos de la

Formación La Popa, se puede reconocer en diferentes sitios construcciones de biohermas coralinas o arrecifes completos donde se observa claramente diferentes etapas de crecimiento del arrecife, así como migraciones laterales en las diferentes 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.

3.2.5.5. Edad y correlación.

La determinación de la edad de la Formación La Popa ha sufrido algunos cambios. Inicialmente, Anderson (1929, en De Porta et al., 1974) la consideró como del Plioceno; Link (1927, en De Porta et al., 1974) asigna las calizas al Pleistoceno inferior. Royo y Gómez (1950) las compara con calizas del Mioceno superior. Solé De Porta (1960) señala la posibilidad de que sean del Plioceno – Pleistoceno; Duque – Caro (1967) encontró fauna con *Globorotalia crassformis* – *Globorotalia truncatulinoides*, pertenecientes al Pleistoceno. En muestras colectadas en este trabajo y analizadas por la geóloga Georgina Guzmán, pertenecientes a la parte superior de la Formación Bayunca, revelaron el Plioceno superior, lo que confirma que la Formación La Popa es del Pleistoceno inferior. Las correlaciones de la Formación La Popa no se conocen con exactitud.

SECCION CERRO PUA



INGEOMINAS

Figura 16. Columna Estratigráfica de la Formación La Popa.

3.3. Depósitos Recientes

Los depósitos recientes de la Plancha 29-30 se presentan asociados con las zonas más bajas y forman una morfología plana o muy levemente ondulada que ocupa una gran área de esta plancha. Por estas características morfológicas, con la ausencia casi total de escarpes, es difícil e imprecisa su descripción.

Teniendo en cuenta lo anterior se hace una breve descripción de los depósitos recientes cartografiados en la Plancha 29-30.

3.3.1. Depósitos de Llanura Aluvial (Qlal)

Los depósitos de llanura aluvial son aquellos depósitos recientes localizados en el área de influencia del Canal del Dique. Se trata de depósitos de poco espesor formados por el fenómeno de arroyadas y compuestos, generalmente, por material fino de arcillas y arenas finas. La morfología de estos depósitos es de planicies ligeramente inclinadas, que siguen la dirección de escorrentía. Asociados con los drenajes mayores se presentan terrazas de extensión limitada y alturas no superiores a los 10 m, compuestas por gravas y esporádicamente bloques.

3.3.2. Depósitos Fluvio-lacustres (Qfl)

Los depósitos fluvio-lacustres son depósitos asociados con la llanura de inundación del Canal del Dique; están compuestos principalmente por materiales finos tipo arcilla o limo, producto de las fluctuaciones invierno verano que

aportan material a dicha zona de inundación.

3.3.3. Depósitos de Llanura Costera (Qfl)

Como se discutió en el capítulo de geomorfología, la Costa Caribe en el área de la Plancha 29-30 presenta un régimen de depósito progradante y origina la formación de depósitos orgánicos y clásticos en la llanura costera. Los depósitos orgánicos son de dos tipos, los llamados de manglares y los depósitos asociados con el crecimiento de corales.

Como depósitos clásticos se consideran las arenas depositadas y retrabajadas en la zona intermareal; las islas barrera son debidas a la acción de las corrientes marinas y los deltas formados en la desembocadura de las corrientes de agua en el mar.

3.3.4. Depósitos Coluvio-Aluviales (Qcal)

Los depósitos coluvio-aluviales agrupan la sedimentación fluvial reciente y actual, y la generada por coluviones igualmente recientes, relacionados con arroyos y con los piedemontes.

Están constituidos por cantos, bloques, arenas y arcillas, mezclados a gradados, y cubren a las unidades rocosas y a los depósitos cuaternarios más antiguos.

3.3.5. Depósitos de Playa (Qmp)

Los depósitos de playa están localizados a lo largo de la línea de costa y constan de arenas de

grano fino a grueso, ocasionalmente con gravas; la mayoría son de color amarillo ocre a grises; en las playas de Barú son blancas.

3.3.6. Depósitos de Manglar (Qmm)

Los depósitos de manglar están localizados al suroccidente de la Plancha 29-30 y están relacionados con zonas de manglar. Están constituidos por arenas finas, limos y lodos.

3.4. Síntesis Estratigráfica

En un contexto regional, la estratigrafía de las planchas 23 y 29-30 está determinada por la evolución tectónica de los cinturones de San Jacinto y Sinú Norte (Duque-Caro, 1980). Su evolución ha determinado cambios faciales, especialmente a partir del Eoceno medio. Estos cambios faciales en gran parte contribuyeron al uso de diferentes nomenclaturas estratigráficas difundidas parcialmente en la literatura geológica, pero que con el conocimiento actual permite proponer una nomenclatura unificada no sólo para las planchas 23 y 29-30, sino que también para los cinturones de San Jacinto y Sinú Norte (Tabla 2). En esta propuesta se destaca la extensión de la Formación San Cayetano al área de Luruaco, donde se conocía como Formación Luruaco; la caracterización de la Formación Bayunca y la claridad sobre la extensión y relaciones estratigráficas de las Gravas de Rotinet y de las formaciones Arroyo Grande y La Popa.

4. Tectónica

En las planchas 23 Cartagena y 29-30 Arjona hay varios elementos estructurales regionales, los cuales conforman un mosaico de bloques con características propias. Los elementos estructurales mayores son el Cinturón de San Jacinto en el sector oriental y el Cinturón del Sinú al occidente, separados por el lineamiento del Sinú (Duque-Caro, 1980). Así mismo, estos se subdividen en bloques tectónicos de acuerdo con sus características estructurales. En el Cinturón de San Jacinto se encuentran los bloques tectónicos de Luruaco, El Carmen y Sincelejo; en el Cinturón del Sinú se ubican los bloques tectónicos de Turbaco y Cartagena (Reyes & Clavijo, 1996) (Figura 17).

4.1 Estilo Estructural del Cinturón de San Jacinto

En las planchas 23 y 29-30 se presenta la parte occidental de Cinturón de San Jacinto, el cual está limitado por la Falla Villanueva-El Totumo, que corresponde con el lineamiento del Sinú (Duque-Caro, 1980). De acuerdo con Reyes & Clavijo (1996), al sureste de la Plancha 29-30 aflora el sector occidental del bloque tectónico de El Carmen y al noreste de la Plancha 29-30 y oriente de la Plancha 23 aflora el bloque tectónico de Luruaco.

4.1.1. Bloque Tectónico de El Carmen

El Bloque Tectónico de El Carmen hace parte del Anticlinorio de San Jacinto en el cinturón fragmentado de San Jacinto (Duque-Caro, 1980). En el área aparece sólo la parte occidental, limitada por el lineamiento del Sinú que está representado en el área por la Falla Villanueva-El Totumo, que presenta una orientación general N30°E; se reconoce claramente al oriente de la depresión del Dique. La topografía es la más abrupta del área, debido a la dureza de las rocas arenosas que la forman, que corresponden a las formaciones San Cayetano y Maco.

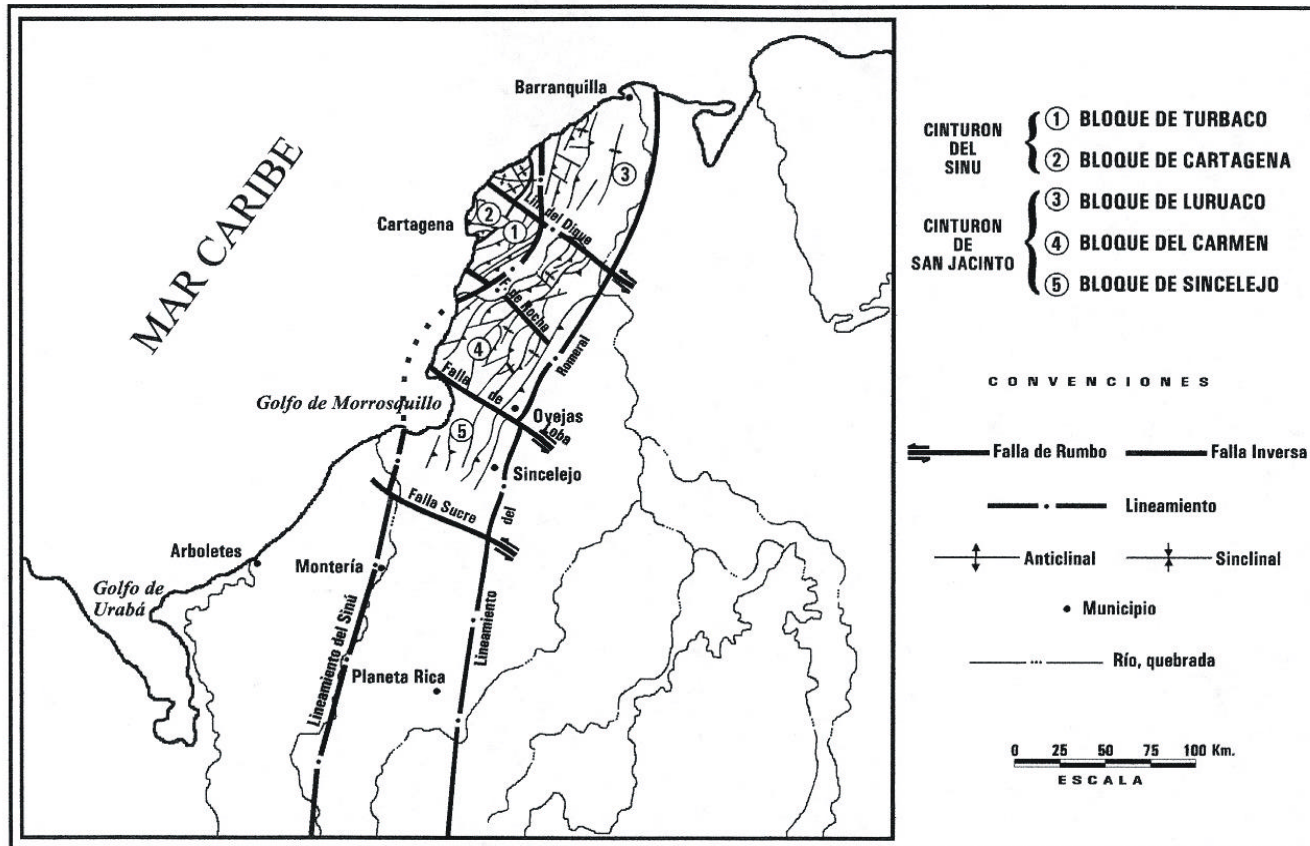
Está caracterizado por la presencia de un fallamiento inverso de vergencia oeste, con un rumbo general N30°E, causante de la repetición de la secuencia litoestratigráfica, principalmente en la Formación San Cayetano; ocurre también plegamiento subordinado al fallamiento, como es el caso del plegamiento de Arroyo Hondo, donde el sinclinal y el anticlinal se han formado por arrastre de la Falla de Bonga, y el Sinclinal de Palenque representa un cierre limitado por las fallas de El Limón y María la Baja-Juan de Acosta (Figura 18).

4.1.1.1. Plegamiento de Arroyo Hondo.

El plegamiento de Arroyo Hondo está localizado al suroriente de la Plancha 29-30 (cuadrículas H-11 y H-12), sobre las cuchillas Arenita y Arroyo Hondo, reconocible sobre el arroyo Hondo. Se encuentra entre las fallas Bonga y Mangujal. Se trata de un sinclinal y anticlinal muy estrecho, con una longitud reconocible de 5 km en dirección N40°E. Al parecer se originaron a partir de un comportamiento plástico, relacionado con el empuje tectónico y movimiento a través de la Falla Bonga.

4.1.1.2. Sinclinal de Palenque.

El Sinclinal de Palenque está localizado entre las poblaciones de Palenque y Mahates en la Plancha 29-30 (cuadrículas D-12, E-12, F-12, G-12); su rumbo preferencial es N15°-20°E. La amplitud máxima es de 3 km y dentro del área tiene una longitud de 20 km. No obstante estar rodeado por fallas inversas, sus flancos son simétricos y su plano axial es aproximadamente vertical. Se desarrolló en rocas del Eoceno medio, de la Formación Maco. Al sur de Palenque presenta cierre estructural, controlado por las fallas El Limón y María la Baja-Juan de Acosta.



INGEOMINAS

Figura 17. Mapa estructural del Cinturón de San Jacinto y Sinú Norte.

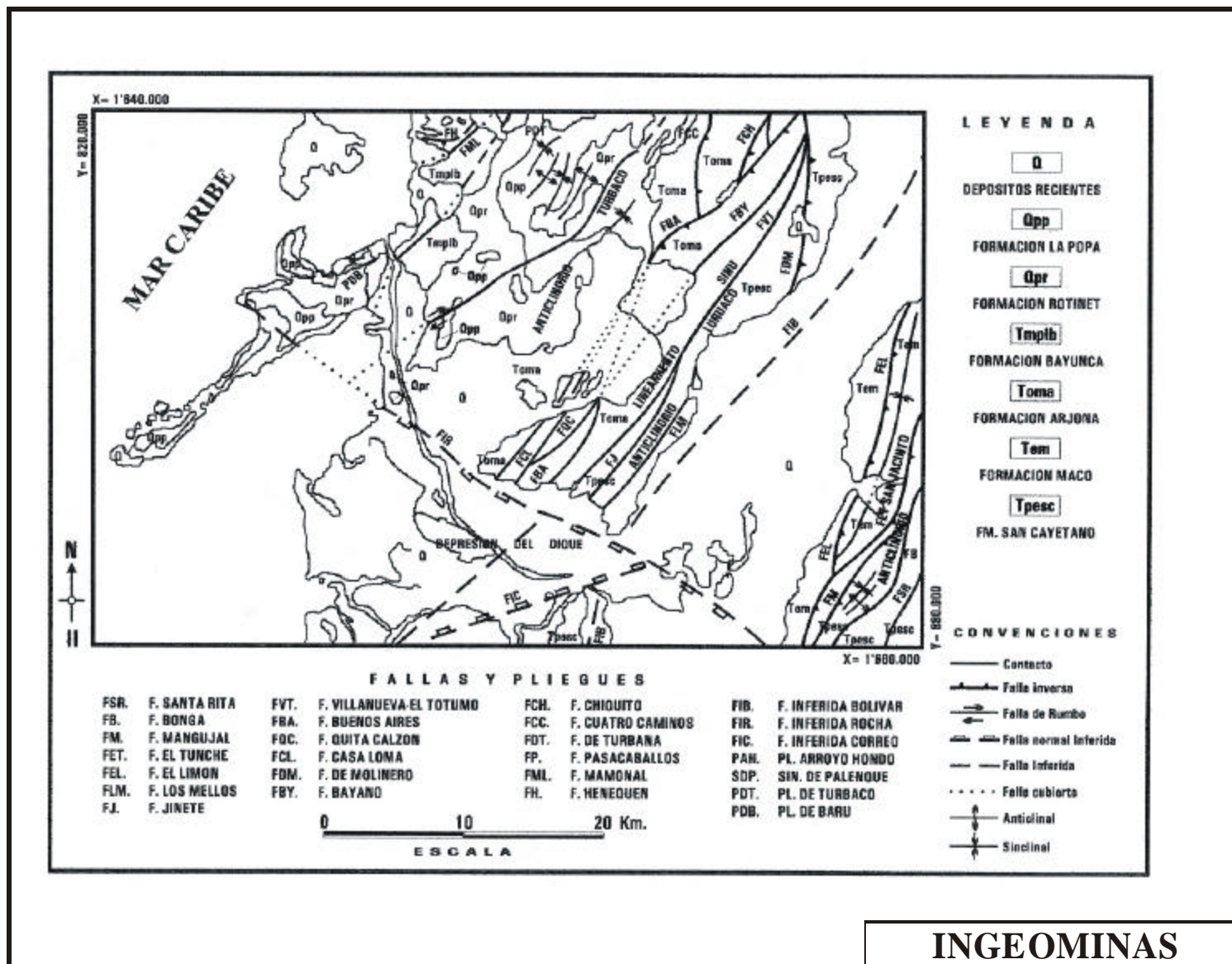


Figura 18. Mapa tectónico. Plancha 29-30 Arjona.

4.1.1.3. Falla El Playón.

La Falla El Playón está localizada al sureste de la Plancha 29-30 (cuadrícula H-12), y se prolonga a la Plancha 31 Campo de la Cruz al noreste y a la Plancha 37 María la Baja al suroeste. Su rumbo es N25°E; en superficie se inclina al oriente cerca de 70°. Las relaciones litológicas y el análisis indican un movimiento inverso que repite parte de la secuencia litoestratigráfica de la Formación San Cayetano. Cerca de esta falla son frecuentes plegamientos e inversiones de los estratos.

4.1.1.4. Falla Bonga.

La Falla Bonga está localizada entre las cuchillas Arenita y Tigre y pasa por la localidad de Bonga (Plancha 29-30, cuadrículas H-12, G-12). En el área tiene una longitud aproximada de 15 km, en los cuales cambia rápidamente el rumbo, donde N40°E es el predominante al sur y N15°E al norte y un buzamiento aproximado de 70° al este. Es una falla inversa, con una débil componente dextral; afecta directamente a la Formación San Cayetano.

4.1.1.5. Falla de Majagual.

La Falla Majagual está localizada al oeste de las cuchillas Arenita y Arroyo Hondito; en el área (Plancha 29-30, cuadrículas H-11, G-12) tiene una longitud aproximada de 12 km y se une a la Falla de Bonga al este de Palenque. El rumbo es más o menos constante de N35°E y buzamiento de 60° al este y al igual que las anteriores, es inversa, ligeramente dextral. Es satélite de la Falla de Bonga, y repite

alrededor de 880 m de la secuencia de la Formación San Cayetano en la parte sur y hacia el norte pierde salto; es muy frecuente el plegamiento de los estratos cerca de la falla.

4.1.1.6. Falla María la Baja-Juan de Acosta.

La Falla María la Baja - Juan de Acosta está localizada al este de Palenque y al norte cruza cerca de la localidad de Mahetes (Plancha 29-30, cuadrículas H-11, G-12, F-12, E-12). En el área presenta una longitud de 20 km. Al sur tiene un rumbo de N30°E, en Palenque es N50°E y al norte es N15°E; el buzamiento varía de 60° a 80° al este; su movimiento ha sido principalmente inverso, pero en su parte central tiene una importante componente dextral; se constituye en la falla de mayor salto, y coloca en contacto la parte media de la Formación San Cayetano, con la parte superior de la Formación Maco.

4.1.1.7. Falla El Limón.

La Falla El Limón está localizada al oeste de las localidades de Palenque y Mahates en la Plancha 29-30, (cuadrículas G-11, F-12, D-12); al sur se desprende de la Falla María la Baja – Juan de Acosta en el Corregimiento El Limón y al norte queda fosilizada por los depósitos recientes del Canal del Dique. Presenta un rumbo general N20°E y buzamiento de 50° al este y el movimiento ha sido de tipo inverso, y repite la secuencia de la Formación Maco e igualmente sirve de límite al Sinclinal de Palenque.

4.1.2. Bloque Tectónico de Luruaco

El Bloque Tectónico de Luruaco corresponde con el Anticlinorio de Luruaco (Bueno, 1970; Duque-Caro, 1973). Es el elemento estructural más noroeste del Cinturón fragmento de San Jacinto (Duque-Caro, 1980), con un tren N30°E que se extiende por la parte central de la Plancha 29-30, entre el Bloque de Turbaco al oeste y la depresión del Dique al este. Está constituido por rocas altamente deformadas de las formaciones San Cayetano y Pendales. La alta densidad de fallas refleja la gran actividad tectónica en el borde occidental del Cinturón de San Jacinto, donde las rocas han tenido un comportamiento esencialmente frágil y no se favoreció la formación de pliegues, salvo algunos pliegues de afloramiento e inversiones de estrato, cerca de las fallas.

4.1.2.1. Falla Las Mellas.

La Falla Las Mellas se encuentra localizada a lo largo de las cuchillas Las Mellas y Juanito, en la región de Jinete al sur de Arjona (Plancha 29-30); al norte se une a la Falla Villanueva – El Totumo y al sur entra a la depresión del Dique. Presenta una longitud aproximada de 15 km, rumbo N30°-40°E y buzamiento al oeste. Es una falla inversa que afecta a la Formación San Cayetano, y genera repliegues, inversión de estratos y un alto fracturamiento en las rocas.

4.1.2.2. Falla Jinete.

La Falla Jinete está localizada al oeste de la región de Jinete, al sur

de la localidad de Arjona (Plancha 29-30), y termina al norte en la Falla Villanueva - El Totumo. Se extiende por más de 12 km, con un rumbo general N30°E y buzamiento aproximado de 40° al este. Es una falla inversa, de gran salto vertical; al sur cabalga la parte inferior de la Formación San Cayetano, sobre la parte superior de la misma formación.

4.1.2.3. Falla Villanueva – El Totumo.

La Falla Villanueva-El Totumo está localizada en la región de Rocha, al este de Arjona, en la localidad de Bayano (Plancha 29-30) y por las localidades de Villanueva y El Totumo (Plancha 23); tiene una extensión de más de 75 km, con un rumbo N40°E en el sector sur y al norte cambia a norte-sur. Es una falla inversa que genera gran perturbación en los estratos de las formaciones San Cayetano, Pendales y Arjona, como inversiones y plegamientos.

De acuerdo con la interpretación de información bioestratigráfica y litoestratigráfica, esta falla representa el lineamiento del Sinú (Figura 18).

4.1.2.4. Falla Laguna.

La Falla Laguna está localizada al suroriente de la Plancha 23, tiene rumbo general N40°E e inclinación al noroccidente y una longitud de 8 km; hacia el nororiente continúa en la Plancha 24 Sabanalarga y al suroccidente termina contra la Falla del Dique. Las evidencias observadas en campo y la relación entre las unidades que separa, indican un movimiento principal inverso, aunque por posición espacial regional podría tener una componente lateral derecha. Esta falla coloca en contacto la

Formación San Cayetano con la Formación Hibácharo. Su inclinación al occidente es contraria a la mayor parte de las fallas, por lo tanto, se considera como un *Back Thrust*.

4.1.2.5. Falla Banco.

La Falla Banco está localizada al oriente de la Plancha 23, tiene rumbo N65°E e inclinación al sureste y una longitud dentro del área de 12 km; hacia el oriente se interna en la Plancha 24 y al suroeste choca contra la Falla Villanueva – El Totumo. En las observaciones de campo se vio un movimiento principalmente inverso, pero la geometría regional y algunas características morfológicas sugieren que hay también un movimiento lateral derecho. Esta falla repite la parte superior de la Formación San Cayetano.

4.1.2.6. Falla de Luruaco.

La Falla de Luruaco está localizada al oriente de la Plancha 23, y cruza por la región de Mapurito. Tiene un rumbo general de N40°E e inclinación hacia el oriente, entre 40° y 60°, y una longitud de 12 km dentro del área; al nororiente se interna en la Plancha 24 y al suroccidente termina en la Falla Villanueva – El Totumo. Es una falla inversa que repite parte de la secuencia de la Formación San Cayetano, y deja a su paso cizallamiento y plegamiento muy pronunciado.

4.1.2.7. Falla Pendales.

La Falla Pendales está localizada al nororiente de la Plancha 23, en inmediaciones de la localidad de Pendales. Tiene un rumbo N30°-40°E y su inclinación es cercana

a los 60°, hacia el oriente; se reconoce por una longitud de 20 km; hacia el suroccidente termina en la Falla Villanueva – El Totumo y la norte se interna en la Plancha 24. Es una falla inversa con vergencia al occidente, sobre la cual cabalga la Formación San Cayetano sobre la Formación Pendales.

4.1.2.8. Plegamiento de San Estanislao.

El plegamiento de San Estanislao está localizado en la esquina suroriental de la Plancha 23, al oriente del Municipio de Villanueva. Se trata de un sinclinal y un anticlinal con rumbo de sus ejes N50°E, una longitud promedio de 4 km y una amplitud de 5 km; el anticlinal presenta cierre al suroccidente mientras que el sinclinal lo presenta al nororiente, de tal forma que las dos estructuras tienen forma de “S”, provocada por un límite tectónico de dirección N60°W mencionado por Reyes (1995) como Falla del Dique. El plegamiento tiene su núcleo en la Formación Tubará y sus flancos en la Formación Hibácharo.

4.1.2.9. Anticlinal de Tocagua.

El Anticlinal de Tocagua está localizado al nororiente de la Plancha 23, cerca a la población de San Juan de Tocagua. Tiene una longitud de 3,5 km sobre la Formación San Cayetano. Es una estructura asimétrica que muestra su flanco occidental más inclinado; al norte se insinúa un cierre estructural contra la Falla Pendales; hacia el sur está cubierto por depósitos cuaternarios y no se reconoce.

4.1.3. Bloque Tectónico de Turbaco

El Bloque Tectónico de Turbaco comprende el sector occidental del área, inmediatamente al occidente del Bloque Tectónico de Luruaco y hace parte del Cinturón del Sinú (Duque–Caro, 1984). Presenta un tren estructural N40°E y se extiende por el borde costero y la región de Turbaná, Arjona y Turbaco; al sur es interrumpido por la depresión del Dique (Figura 18). Está conformado por rocas de ambiente marino somero y hemipelágicos del Oligoceno al Reciente; se diferencia litológicamente del Bloque Tectónico de Luruaco, en que este último está conformado por rocas turbidíticas. Estructuralmente, el límite con el Bloque Tectónico de Luruaco, regionalmente, ha sido considerado el lineamiento del Sinú, que en esta área estaría representado por la Falla de Villanueva – El Totumo. La deformación de las rocas es más evidente, cuan más antiguas son; así, en el área de Arjona el fallamiento es grande en la Formación Arjona y en Pasacaballos se encuentra fallamiento y plegamiento pronunciado en la Formación Bayunca (Mioceno–Plioceno), en tanto que en la isla Barú y Turbaco las rocas de la Formación La Popa (Pleistoceno) se encontraron casi completamente sanas; sólo se vislumbra la presencia de un plegamiento estrecho y de corta extensión; sin embargo, en el borde costero en cercanías del caserío de Albornoz las rocas pleistocénicas sí están deformadas y afectadas por fallamiento y por procesos diápiricos como el volcán de lodo de Ternera.

4.1.3.1. Falla Buenos Aires.

La Falla Buenos Aires se extiende por 42 km desde la localidad de Rocha al sur, hasta la Falla del Dique al norte, y cruza al oeste de Arjona, entre los caseríos de Chiquito y Bayano (Plancha 29-30) y la localidad de Villanueva (Plancha 23). En el sector Rocha –Arjona, tiene un rumbo N30°E, para luego dar una curva al este en el sector de Chiquito, donde su rumbo es N50°E, y al norte es de N20°E; el buzamiento es siempre al este alrededor de 60°. En la mayor parte, su comportamiento es inverso, pero al norte de Arjona es claro un movimiento dextral asociado. Es una de las fallas con mayor desplazamiento en el Bloque Tectónico de Turbaco, dentro de la Formación Arjona.

4.1.3.2. Falla Quita Calzón.

La Falla Quita Calzón se extiende por 8 km y conecta la Falla Casaloma con la Falla Buenos Aires (Plancha 29-30); el rumbo es N50°E y buzamiento al suroriente. Su comportamiento es principalmente inverso con componente dextral, y está afectando a la Formación Arjona, lo que se manifiesta en un alto fracturamiento y gran perturbación en los estratos.

4.1.3.3. Falla de Casaloma.

La Falla de Casaloma se extiende por 20 km entre el caserío de Badel en el Canal del Dique y Arjona, donde se le une a la Falla Buenos Aires (Plancha 29-30); tiene rumbo N30°E y buza entre 40° y 50° al este; su comportamiento es inverso y repite parte de la secuencia de la Formación Arjona.

4.1.3.4. Falla Cuatro Caminos

La Falla Cuatro Caminos está localizada al oeste del caserío de Chiquito y se extiende dentro del área por 16 km, desde la Falla Buenos Aires (Plancha 29-30); se prolonga hacia el norte hasta la Falla del Dique (Plancha 23); tiene rumbo NS y buza 35° a 40° al este; es inversa, asociada a la Falla de Buenos Aires.

4.1.3.5. Falla de Turbaná.

La Falla de Turbaná se extiende por 35 km desde el Canal del Dique en inmediaciones del caserío Recreo-Piedrecitas, hasta la Falla del Dique, al occidente de Villanueva (Plancha 23). Tiene un rumbo general N45°E y buzamiento de 40° al este. Es una falla inversa de cabalgamiento que presenta al este de Turbaco evidencia claras, como lo son planos estriados, y ruptura de la roca, mientras que al suroeste de Turbaná y noreste de Turbaco sólo presenta indicios de movimiento. Las evidencias muestran cabalgamiento de las Gravas de Rotinet sobre la Formación La Popa y repetición de la Formación La Popa. La ubicación de esta falla hace pensar que es la expresión cuaternaria de actividad tectónica.

4.1.3.6. Falla Pasacaballos.

La Falla Pasacaballos se extiende por 30 km desde la localidad de Pasacaballos hasta el caserío de Algarrobo en la Plancha 23, donde termina en la Falla Villanueva –El Totumo. Tiene un rumbo N40°E y buzamiento al este de alrededor de 50°; es una falla inversa que afecta directamente a la Formación Bayunca y repite parte de su secuencia; son evidentes en

el área de Pasacaballos inversiones de estratos y plegamientos rápidos y pequeños. En la región de Membrillal la mala exposición de la secuencia hace imposible su reconocimiento en campo; sin embargo, por rasgos fotogeológicos se hizo su proyección hacia el norte en forma inferida; sobre la Formación Arjona (Plancha 23) se reconoció y está desplazada en forma sinistral por la Falla del Dique.

4.1.3.7. Falla Mamonal.

La Falla Mamonal se extiende por 60 km por el área de Mamonal y Arroz Barato al noroeste de la Plancha 29-30 y se prolonga a la Plancha 23; presenta un rumbo N50°E y buzamiento al este de alrededor de 50° a 60°; al suroccidente se interna en la bahía de Cartagena y probablemente pasa entre las islas de Barú y Tierra Bomba. La traza establece un cambio topográfico y controla la extensión de la Formación La Popa de Alborno hacia el este y genera fracturamiento y plegamiento en las rocas lodolíticas y areniscas de la Formación Bayunca; su comportamiento es principalmente inverso, pero la disposición de la Formación La Popa sugiere una componente de desplazamiento sinistral.

4.1.3.8. Falla Henequén.

La Falla Henequén está localizada en la región de Alborno al noroeste de la Plancha 29-30; se extiende por 4 km, y termina en la Falla Mamonal; su expresión es clara en la cantera de caliza de la empresa Colclinker; presenta un rumbo N75°E y buzamiento 25° al sureste. Es una falla inversa de cabalgamiento que afecta la Formación La Popa.

4.1.3.9. Falla Clemencia.

La Falla Clemencia está localizada en la parte central de la Plancha 23, y pasa por la localidad de Clemencia, con rumbo N10°-30°E. Al sur se desprende de la Falla Pasacaballos y al norte se une con la Falla Mamonal. Es una falla inversa que repite parte de la secuencia de la Formación Arjona y así mismo sufre un desplazamiento en sentido sinistral de 800 m por la Falla del Dique

4.1.3.10. Lineamientos de Bayunca.

Los lineamientos de Bayunca están localizados en el sector noroccidental de la Plancha 23, sobre la Formación Bayunca; tienen una orientación que varía de N45°W a E-W. Son muy claros en imagen de satélite y fotografías aéreas; sin embargo, en campo no se observó rasgos importantes.

4.1.3.11. Plegamiento de Turbaco.

El plegamiento de Turbaco está localizado en el área de Turbaco en la Plancha 29-30 (cuadrículas A-7, B-7). Esta constituido por dos estructuras anticlinales y dos sinclinales, muy estrechas, y de extensión máxima 7 km; sus planos axiales son verticales, y los flancos son simétricos con inclinaciones menores a los 15°; regionalmente son pequeñas ondulaciones estructurales desarrolladas en la Formación La Popa.

4.1.3.12. Plegamiento de Barú.

El plegamiento de Barú está localizado en la isla Barú, entre la

población de Ararca y la ciénaga Honda en la Plancha 29-30 (cuadrícula C-7); son un sinclinal y un anticlinal de rumbo N50°E, reconocibles por 2 km de longitud. Sus flancos son simétricos, y su inclinación no sobrepasa los 15°. Al igual que en Turbaco, son ondulaciones estructurales de poca extensión en la Formación La Popa.

4.1.3.13. Anticlinal de Santa Catalina.

El Anticlinal de Santa Catalina está localizado en la parte central de la Plancha 23 (cuadrícula E-6), al sur de la localidad de Santa Catalina. Tiene un rumbo N15°E, una longitud reconocida de 8 km, y amplitud de 8 km. Sus flancos son simétricos, aunque con variaciones rápidas de inclinación de sus estratos. El flanco occidental está limitado por la Falla Clemencia y el oriente por la Falla Villanueva- El Totumo. Esta estructura se desarrolló sobre la Formación Arjona.

4.1.3.14. Plegamiento El COCO.

El plegamiento de El Coco está localizado al noroccidente de la Plancha 23 (cuadrículas D-3, D-4), sobre la Formación Bayunca. Geométricamente son anticlinales y sinclinales de corta longitud (2-5 km), dispuestos radialmente o en forma errática; esta disposición aparentemente responde a eventos diapíricos que vienen actuando desde el Mioceno superior hasta la actualidad.

4.1.3.15. Volcán de lodo de Ternera.

El volcán de lodo de Ternera es una estructura dómica localizada

al noroeste de la Plancha 29-30, en cercanías de la parte sur de la ciudad de Cartagena. Se manifiesta en pequeños cráteres con diámetros inferiores a 50 cm, por los cuales salen lodo y gases. Topográficamente se manifiesta en una leve colina poco notoria. Actualmente, la presencia de este volcán está afectando la construcción de una carretera que da salida al complejo industrial de Mamonal, hacia la carretera de La Cordialidad.

4.1.3.16. Volcán de lodo de Cañaveral.

El volcán de lodo de Cañaveral está localizado en el caserío Cañaveral (cuadrícula H-6), cerca al límite de las planchas 23 y 29-30. Se presenta como una estructura dómica elevada de notoria presencia en rocas de la Formación Arjona.

4.1.3.17. Volcán de lodo de Bayunca.

El volcán de lodo de Bayunca está localizado al norte de Bayunca, afecta a la Formación Bayunca en una zona donde las estructuras radiales antiguas son frecuentes; esto da a pensar que el vulcanismo de lodo en este sector ha sido constante desde el Mioceno superior al Plioceno.

4.1.3.18. Estructura Diapírica de la Loma de los Volcanes.

La estructura diapírica de la Loma de los Volcanes está localizada al oriente de Turbaco, en la finca Coloncitos; afecta la Formación Arroyo de Piedra en una zona de topografía suave, y presenta manifestaciones de vulcanismos de lodo.

4.1.4. Falla del Dique.

Reyes & Camargo (1995) se refieren a la Falla Dique como Lineamiento del Dique; Reyes & Clavijo (1996), por evidencias de campo, le llaman Falla del Dique (Figura 17). Está localizada hacia la parte centro-sur de la Plancha 23, y pasa por las localidades de Villanueva y Punta Canoa. En el área tiene una longitud de 40 km, un rumbo de N60°W y plano vertical, con un movimiento lateral izquierdo que limita las unidades litoestratigráficas de San Cayetano, Arjona e Hibácharo. Sobre las unidades Tubará, Bayunca y depósitos cuaternarios se presenta como un lineamiento fotogeológico, sin evidencias de campo; sin embargo, al occidente en la localidad de Punta Canoa hay niveles de playa levantados (3 m) sobre el nivel actual, por movimientos verticales de esta falla.

4.1.5. Depresión del Dique.

La depresión del Dique está localizada sobre el área de influencia del Canal del Dique desde el extremo noreste de la Plancha 29-30, en jurisdicción de la localidad de Piedras, hasta el extremo suroeste del área, al oeste de las localidades de Rocha y Correa. Está formada por dos segmentos, el primero, al este, tiene una orientación N40°E, hasta el sector de San Pablo, ciénaga de María la Baja y continúa al sur en la Plancha 37 María la Baja; y el segundo, con rumbo este-oeste, entre las localidades de Correa, Rocha, Puerto Badel, hasta la bahía de Barbacoas (Figura 17). El primer segmento separa los bloques tectónicos de San Jacinto y Luruaco y su hundimiento respecto a estas estructuras está

controlado por la falla inferida de Bolívar que desde el sur trae un rumbo N10°E y en Correa cambia a N40°E. Esta variación hace que su comportamiento cambie de rumbo sinistral al sur, a dextral al norte; así se forma una divergencia del bloque de Correa y el bloque de Arjona, reflejada en una distensión N35°E soportada por las fallas normales inferidas de Rocha y Correa, y se genera un graben entre las dos, que es el segundo segmento de la depresión del Dique.

4.1.5.1. Falla inferida de Bolívar.

La falla inferida de Bolívar es conocida ampliamente como Lineamiento de Bolívar (Beck 1921; Zimmerle, 1968; Irving, 1971; Duque-Caro, 1980), que designa una zona de falla inversa, presente en el Cinturón de San Jacinto. En las planchas 23 y 29-30 se continúa su trazo en forma inferida en el Canal del Dique de acuerdo con rasgos morfológicos que son indicios de actividad tectónica en los depósitos cuaternarios.

En el área de Correa es la proyección de cómo ha sido cartografiada en el Cuadrángulo D-8 (INGEOMINAS, 1988) y al norte sigue, por alineamiento de algunos arroyos, especialmente cerca de Piedras, donde el rumbo es N40°E. Como se indicó anteriormente, y de acuerdo con análisis de esfuerzos en rocas pleistocénicas en el área de Turbaco y al cambio de rumbo de la falla inferida de Bolívar, ésta tiene comportamiento sinistral en Correa y dextral al norte. Este juego de movimientos de bloques determina la apertura de una cuenca, como es la depresión del Dique.

4.1.5.2. Falla Inferida de Rocha.

La falla inferida de Rocha está localizada en el borde norte del segundo segmento de la depresión del Dique (Plancha 29-30); pasa cerca de la población de Rocha con rumbo N60°W y buzamiento al SW; su trazo se hace inferido y se piensa que es una falla normal sobre la cual resbala el bloque sur correspondiente a la depresión, lo que indica un proceso distensivo de dirección NE-SW.

La proyección al noroeste por la bahía de Barbacoas, hasta la isla Barú, coincide con un cambio topográfico en la isla y con mayor área emergida en el bloque norte, lo que refuerza las indicaciones de la existencia de la falla y su comportamiento.

4.1.5.3. Falla Inferida de Correa.

La falla inferida de Correa está localizada al sur del área de la Plancha 29-30, por la localidad de Correa, y penetra en la Plancha 37 hacia la costa; tiene un rumbo N80°E y buzamiento al norte. Establece el límite sur del segundo segmento de la depresión del Dique, con el bloque de Correa. Su comportamiento es normal y junto con la falla inferida de Rocha conforman una cuña que se ensancha al oeste, y representa un área deprimida rellena de sedimentos depositados por el Canal del Dique.

4.2 Discusión

En el área se distingue claramente tres zonas con procesos deformativos característicos. El Cinturón de San Jacinto (bloques tectónicos de El Carmen y Luruaco) presenta mayor intensidad tectónica, en la cual hay un predominio de las fallas sobre el plegamiento. El fallamiento es inverso y, por la geometría que muestra, corresponde a un sistema de cabalgamiento (*Thrust Systems*), imbricado, con vergencia al oeste (Mc Clay, 1992), de ahí la gran cantidad de bloques fallados entre sí. El Cinturón del Sinú está menos deformado, pero igualmente presenta un fallamiento inverso con vergencia al oeste y representaría otro sistema de cabalgamiento generado desde el Mioceno. Por último, la depresión del Dique representa zonas subsiguientes generadas por el movimiento de rumbo de la falla inferida de Bolívar y normal de las fallas de Rocha y Correa.

Las mediciones microtectónicas realizadas en el área, a pesar de ser escasas, dan algunas aproximaciones suficientes para establecer la tendencia de los tensores de esfuerzos durante el Terciario y Cuaternario. Estos datos fueron tratados estadísticamente en forma manual y graficados en computador mediante el programa Micronet. Estas mediciones se agrupan por unidades litológicas, asumiendo

cierta homogeneidad en el comportamiento de éstas. Los tensores de esfuerzos resultantes son comprensivos y tienden en conjunto a una orientación E-W.

La Formación San Cayetano es la que aporta mayor número de datos, por tanto se le da más peso al tensor determinado en ésta, de 288°/5°, que el de la Formación Maco, (262°/5°). Para las unidades litológicas pleistocénicas, la información tomada en la Formación La Popa en el área de Turbaco da una muy buena distribución y su tensor de 115°/24° coincide con los modelos tectónicos del norte de Suramérica y Caribe (Toto & Kellogg, 1992). El fallamiento de Albornoz parece ser el más reciente; sin embargo, por ser tan local no se considera tan importante y su tensor 60°/7° quizá es también local; además, en el borde de costa los eventos diapíricos son frecuentes y aunque en este sector no es tan evidente, podría haber alguna influencia de ellos.

Es importante recalcar sobre la deformación tectónica presente en la Formación La Popa del Pleistoceno, principalmente en el área de Albornoz y este Turbaco. Por lo anterior, es indispensable adelantar estudios de neotectónica, más aún si se tiene en cuenta la cercanía de la ciudad de Cartagena, donde seguramente también hay indicios de deformación cuaternaria.

5. Geología Económica

La geología económica del área de las planchas 23 Cartagena y 29-30 Arjona se da en forma de un inventario de canteras, con su ubicación y material explotado. Desde el punto de vista económico-minero, se ha dividido en dos zonas dada la potencialidad de explotación minera y desarrollo de la misma.

5.1 Zona I

La Zona I se caracteriza por sus bajas posibilidades de explotación minera de rentabilidad económica. Cubre el 60 % del área de la Plancha 29-30 y se localiza al sureste de la línea imaginaria que une la región Mamellal (Vía Cañaveral) con el caserío El Recreo (en el Canal del Dique, al oeste de la plancha). Se presentan cinco canteras, utilizadas para extracción de materia prima en el afirmado de carreteras, y son explotadas únicamente cuando se hace el mantenimiento de ellas (Tabla 3).

5.1.1. Materiales Explotados

5.1.1.1. Conglomerados.

Las mejores exposiciones de conglomerados se presentan en las canteras de El Limón y Palenque

al sureste de la plancha. Estas dos canteras se observan a ambos lados del Sinclinal de Palenque.

Al norte del Canal del Dique, en el carreteable que de Arjona conduce a Rocha en las regiones de Buenos Aires, se presenta otra cantera (Buenos Aires) de conglomerados conformada por grandes bloques de caliza micrítica y arenisca, embebidos en una matriz arenosa.

5.1.1.2. Calizas.

Las calizas son micríticas y se presentan alineadas; forman cerros alargados al norte del Canal del Dique y al sur de la población de Ballesta, en las canteras Casaloma y Puerto Badel; esta última está abandonada por su difícil extracción.

5.1.1.3. Chert.

El chert está en capas delgadas interstratificado con las calizas y su extracción es conjunta con éstas. En la hacienda Pomares, sobre la carretera Rocha-Pasacaballos, hay buenos afloramientos de caliza-chert, con fácil acceso y condiciones favorables de extracción. En la región de Jinete se presentan unos cerros de poca altura (20 m), conformados por chert, los cuales

están sin explotar.

Los sistemas de explotación se hacen a cielo abierto, con el uso de buldozer, cargador y volquetas para su transporte; no poseen un plan de desarrollo y el deterioro ambiental es bajo dadas las circunstancias morfológicas de colinas bajas circundadas por zonas planas.

5.2. Zona II

La Zona II, al contrario de la anterior, presenta un alto desarrollo minero, dadas las características litológicas y geomorfológicas de dicha zona (Tablas 4 y 5). Esta zona se localiza al noreste de la anterior, con un área aproximada del 20% de la Plancha 29-30 y toda la Plancha 23, y en ellas se han inventariado 39 canteras, algunas con alto desarrollo técnico y otras con una explotación muy rudimentaria.

5.2.1. Materiales Explotados

5.2.1.1. Calizas.

Las calizas son de origen arrecifal pertenecientes a la Formación La Popa con un espesor cercano a 100 m, en el área de Turbaco. Las capas son gruesas y dispuestas subhorizontalmente. La explota-

	CANTER A	LOCALIZACIÓN GEOGRAFICA	COORDENADAS X, Y	MATERIAL EXPLOTADO	PRODUCTO O USO	SISTEMA DE EXPLOTACIÓN	PLAN DE EXPLOTACIÓN		UNIDAD GEOLÓGICA EXPLOTADA
							SI	NO	
1	Hacienda Casa Loma	Carret. Arjona-Rocha Km 12.1	X : 1.618.400 Y : 864.400	Caliza Silicia Chert	Recebo Afirmado	Ciclo abierto Climatizado		X	Formación Arjona
2	Buenos Aires	Carretera Arjona Rocha Km 17.5	X : 1.613.200 Y : 854.800	Conglomerado	Recebo Afirmado	Ciclo abierto Macanizado		X	Formación Arjona
3	Puerto Badel	Carretera Rocha Pto. Badel Km 3	X : 1.612.100 Y : 850.500	Chert	Recebo Afirmado	Ciclo abierto Macanizado abandonado		X	Formación Arjona
4	El Limón	Carretera Malagana - María la Baja - Caserío el Limón 4 Km al Sur.	X : 1.604.900 Y : 874.800	Conglomerado	Recebo Afirmado	Ciclo abierto Macanizado		X	Formación Maco
5	Palenque	San Basilio de Palenque	X : 1.608.300 Y : 877.600	Conglomerado	Recebo Afirmado	Ciclo abierto Manual abandonado		X	Formación Maco

Tabla 3.

T

NÚMERO	CANTERA	LOCALIZACIÓN	MATERIAL	EXPLOTACIÓN
1	La esperanza	X : 1.640.100 Y : 843.900	Grava	Cielo Abierto
2	Canalete	X : 1.654.500 Y : 854.600	Grava	Cielo Abierto
3	Manzanillo del Mar	X : 1.555.300 Y : 844.500	Arenas	Cielo Abierto
4	Grano de Oro	X : 1.659.400 Y : 850.800	Arenas	Cielo Abierto
5	Carrizal	X : 1.658.250 Y : 855.350	Arenas	Cielo Abierto
6	Atrévete	X : 1.658.350 Y : 855.450	Arenas	Cielo Abierto
7	Palma de Vino	X : 1.659.700 Y : 855.050	Arenas	Cielo Abierto
8	La Unión	X : 1.660.300 Y : 855.850	Arenas	Cielo Abierto
9	Proagrecar	X : 1.558.600 Y : 856.500	Arenas	Cielo Abierto
10	Pertuz Cerro Púa	X : 1.666.350 Y : 849.900	Grava	Cielo Abierto
11	Arroyo Grande	X : 1.667.100 Y : 857.500	Grava	Cielo Abierto
12	La Aguadita	X : 1.673.000 Y : 854.100	Arenas	Cielo Abierto
13	La Florida	X : 1.674.100 Y : 866.300	Arenas	Cielo Abierto
14	Alvarez y Collins	X : 1.674.600 Y : 866.700	Arenas	Cielo Abierto
15	Palmarito	X : 1.674.450 Y : 865.000	Arenas	Cielo Abierto

Tabla 4.

	CANTERA	LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA	COORDENADAS X,Y	MATERIAL EXPLOTADO	PRODUCTO USO	SISTEMA DE EXPLOTACIÓN	PLAN DE EXPLOTACIÓN		UNIDAD GEOLÓGICA EXPLOTADA
							SI	NO	
1	La Esperanza	Cartagena vía Turbaco	X : 1.638.800 Y : 848.542	Caliza, Arena Rajón, Bloque	Arena, Grava, Materiales de Construcción	CieloAbierto Manual	X		Formación Bayunca
2	çCocklinker	Cartagena vía Mamonal	X : 1.628.000 Y : 844.500	Caliza	Cemento	CieloAbierto Mecanizado		X	Formación La Popa
3	Ladrillera la Clay	Pasacaballos	X : 1.629.300 Y : 843.400	Arcilla	Ladrillo	CieloAbierto Mecanizado		X	Formación Bayunca
4	La Legua	Pasacaballos 2 Km al N-E	X : 1.629.200 Y : 845.400	Arena	Materiales de Construcción	CieloAbierto Mecanizado		X	Formación Rotinet
5	Puente Hondo (1)	Cartagena vía Turbaco Km 7	X : 1.635.600 Y : 850.600	Arena	Concretos	CieloAbierto Manual		X	Formación Rotinet
6	Puente Hondo (2)	Cartagena vía Turbaco Km 3	X : 1.635.125 Y : 855.050	Arena	Concretos	CieloAbierto Manual		X	Formación Rotinet
7	Cimaco	Km 3 al N-W de Turbaco	X : 1.635.520 Y : 851.040	Caliza	Concretos	CieloAbierto Manual	X		Formación La Popa
8	Alcalis Ltda	Turbaco via Mamonal Km 3	X : 1.634.100 Y : 850.425	Caliza	Concretos	CieloAbierto Mecanizado		X	Formación La Popa
9	Coloncito	Cerro Coloncito Km 3.5 al N de Turbaco	X : 1.638.500 Y : 854.625	Caliza	Carbonatos Concretos	CieloAbierto Mecanizado		X	Formación La Popa

Tabla 5.

10	Campuzano	Turbaco vía Cañaveral Km 1	X : 1.634.875 Y : 855.200	Arenas,Gravas, Bloques	Concretos, Relleno	Cielo Abierto Manual		X	Formación Rotinet
11	Socorro	Turbaco vía Arjona Km 2	X : 1.633.450 Y : 856.100	Caliza	Concretos Recebo	Cielo Abierto Mecanizado		X	Formación La Popa
12	Cicon	Turbaco vía Arjona Km 1.5	X : 1.633.200 Y : 855.800	Caliza	Recebo	Cielo Abierto Mecanizado		X	Formación La Popa
13	T.A.M	Turbaco vía Arjona Km 2.5	X : 1.632.800 Y : 855.700	Caliza	Recebo	Cielo Abierto Mecanizado		X	Formación La Popa
14	Movicon	Turbaco vía Arjona Km 3	X : 1.632.700 Y : 856.000	Caliza	Recebo	Cielo Abierto Mecanizado		X	Formación La Popa
15	Bonanza	Turbaco vía Arjona Km 2.5	X : 1.632.000 Y : 854.800	Caliza	Bloques	Cielo Abierto Mecanizado		X	Formación La Popa
16	La Constancia	Turbaco vía Arjona Km 3	X : 1.631.950 Y : 855.375	Caliza	Bloques Concretos	Cielo Abierto Manual		X	Formación La Popa
17	Aguas Vivas	Turbaco vía Arjona Km 4	X : 1.629.999 Y : 856.325	Caliza	Recebo	Cielo Abierto Mecanizado		X	Formación La Popa
18	Cañaveral	N.E de Cañaveral	X : 1.639.000 Y : 863.150	Caliza	Recebo	Cielo Abierto		X	Formación La Popa
19	Paricuita (1)	Pasacaballos vía Pto Badel Km 5.5	X : 1.624.000 Y : 846.000	Caliza	Recebo	Cielo Abierto		X	Formación La Popa

Tabla5.

20	Paricuita (2)	Pasacaballos vía Pto Badel Km 85.5	X : 1.622.400 Y : 845.500	Caliza	Recebo	Cielo Abierto		X	Formación La Popa
21	Loma el Limón	Turbaná vía Ballesta Km 1.5	X : 1.626.500 Y : 851.400	Caliza	Recebo	Cielo Abierto		X	Formación La Popa
22	Pasacaballos	Pasacaballos vía el Chorro	X : 1.628.200 Y : 846.300	Caliza	Materiales de Construcción	Cielo Abierto		X	Formación La Popa
23	Albornoz	Albornos	X : 1.638.000 Y : 843.800	Caliza	Bloques Concretos	Cielo Abierto		X	Formación La Popa
24	Basurero	Basurero de Cartagena	X : 1.638.800 Y : 845.300	Arena	Materiales de Construcción	Cielo Abierto		X	Formación Rotinet

Tabla 5.

ción se hace a cielo abierto por corte de arriba hacia abajo en bloques o disgregando y generalmente su extracción es mecanizada (Franco & Castiblanco, 1993). Se utilizan en la fabricación de cemento, como recebo y en la construcción para enchapes. El deterioro ambiental por la extracción de este material es alto y la gran mayoría de canteras no cuenta con un plan de desarrollo minero ambiental.

5.2.1.2. Gravas y Arenas

Las gravas son extraídas de las Gravas de Rotinet y de la Formación Arroyo Grande,

constituidas por intercalaciones de arenas, gravas y arcillas con espesores muy variables, pero que pueden alcanzar los 70 m. La explotación se hace a cielo abierto por corte de arriba hacia abajo y en menor proporción de abajo hacia arriba; su extracción es manual principalmente.

5.2.1.3. Arcillas.

En la Plancha 29-30 sólo se presenta una cantera de extracción de arcillas y es explotada para la fabricación de ladrillo. Estratigráficamente corresponde a niveles arcillosos de la Formación Bayunca. Esta cantera es mecanizada, utiliza

buldozer, cargador y volquetas. No cuenta con un plan de explotación minera.

La arcilla utilizada para la fabricación de ladrillo no debe contener carbonatos ni yeso; aquí la consecución de éstos se hace por experiencia, con la búsqueda de los niveles más oscuros.

6. Evolución Geológica

La historia geológica de la región que cubre las planchas 23 Cartagena y 29-30 Arjona se discute desde el Paleoceno, que corresponde a la edad más antigua de la Formación San Cayetano. Dentro de la evolución geológica se considera los procesos tectónicos importantes reportados por diversos autores, como la Orogenia Pre-Andina, la fase Pro-Andina, la Orogenia Andina (van der Hamen, 1958) y el plutonismo de lodo (Duque-Caro, 1980).

6.1. Paleoceno - Eoceno Medio

Durante el intervalo Paleoceno - Eoceno medio el área estuvo sumergida y se originó una sedimentación pelágica y de turbiditas representada ahora por areniscas, lodolitas y conglomerados. Al final del intervalo se depositó un nivel de chert o lodolitas silíceas, conocido como horizonte sísmico reflector B (Duque-Caro, 1980). Toda esta secuencia pertenece a la Formación San Cayetano.

6.2. Eoceno Medio

Durante el Eoceno medio se origina la Orogenia Pre-Andina (van der Hammen, 1958), como producto de esfuerzos compresionales, lo que genera algunos

levantamientos importantes en el Cinturón de San Jacinto. Para Duque-Caro (1972) este levantamiento es del orden de 5.000 m y deja emergidas algunas áreas como en San Antero y San Onofre (fuera del área). Como consecuencia de este levantamiento se ocasiona una sedimentación clástica representada en los conglomerados de las formaciones Maco y Pendales, que yacen discordantes sobre la Formación San Cayetano.

6.3. Oligoceno - Mioceno

Durante el Oligoceno - Mioceno tuvo lugar una fase tectónica llamada por Stainforth (1968, en Duque-Caro, 1980) diastrofismo, correspondiente a la fase Proto-Andina de van der Hammen (1958). Se produjeron levantamientos en el Cinturón de San Jacinto y basculamiento hacia el oeste con una profundización marina donde se depositaron los sedimentos que dieron origen a la Formación Arjona.

6.4. Mioceno - Plioceno

Durante el Mioceno-Plioceno la sedimentación fue de alta energía favorecida por los continuos

levantamientos tectónicos (Duque-Caro, 1980). Como registro sedimentario aparece la Formación Bayunca y la Formación Tubará (área de Barranquilla).

6.5. Plioceno - Pleistoceno Inferior

En el intervalo Plioceno-Pleistoceno inferior se presenta la orogenia Andina. Por efecto de esfuerzos compresivos NW-SE se produce levantamiento importante en los cinturones de Sinú y San Jacinto, y quedan muchas áreas emergidas, plegadas y falladas. También se presenta el vulcanismo de lodo, que deforma aún más los sedimentos del Cinturón del Sinú.

6.6. Pleistoceno Inferior

A causa del levantamiento generado por la Orogenia Andina, durante el Pleistoceno inferior se desarrolla una sedimentación fluvial-litoral y de playa, representada por las Gravas de Rotinet y la Formación Arroyo Grande; en áreas sumergidas se desarrollaron arrecifes coralinos evidenciados en la Formación La Popa. Las formas dómicas dejadas por volcanes de lodo también fueron óptimas para el

desarrollo de arrecifes.

6.7. Pleistoceno Medio - Holoceno

El intervalo Pleistoceno medio-Holoceno se ha caracterizado por

tranquilidad tectónica, salvo en algunos sectores costeros donde hay deformación en sedimentos pleistocénicos como los de la Formación La Popa y algunos niveles de terrazas que están levantados respecto al nivel del mar.

La sedimentación ha sido fluvial y de playa. Además, hay volcanismo de lodo activo cerca al contacto de los cinturones de San Jacinto y Sinú.

7. Referencias Bibliográficas

- ANDERSON, F. 1926. Original source of oil in Colombia. *Am. Assoc. Petrol. Geol. Bull.*, 10 (4):382-404. Tulsa.
- ANDERSON, F. 1929. Marine Miocene and Related Deposits of Colombia. *Acad. Sci. Proc.*, (4):73-213.
- ANGEL, C.; ESQUIVEL, J.; SARMIENTO, G. A. 1985. Geología del Departamento de Bolívar al Norte del Canal del Dique. Ingeominas, Informe 1941, 143 p. Bogotá.
- BUENO, R. 1970. Guidebook to the Geology of the Tubara región, Lower Magdalena Basin. En: *Geological Field Trips, Colombia. Col. Soc. Petrol. Geol. Bogotá.*
- BÜRGL, H.; BARRIOS, M.; ROSTROM, A. M. 1955. Micro-paleontología y estratigrafía de la sección Arroyo Saco, Departamento de Bolívar. *Serv. Geol. Nal., Bol. Geol.*, 3(1):1-114. Bogotá.
- BÜRGL, H. 1957. Resumen de la Estratigrafía de Colombia. Ingeominas, Informe 1248. Bogotá.
- BÜRGL, H. 1961. Historia Geológica de Colombia. *Rev. Acad. Col. Cienc. Ex. Fis. Nat.*, 1 (43). Bogotá.
- BLUTLER, J. W. 1942. Geology of Honda district, Colombia. *Am. Ass. Petr. Geol. Bull.*, 26 (5). Tulsa.
- CAMACHO, R.; KASSEM, T.; VALDIRI, J. 1968. Informe Geológico preliminar del cuadrángulo D-8. Ingeominas, (inédito). Bogotá.
- CARO, P. et al. 1985. Geología del Departamento de Atlántico. Ingeominas, Informe 1940. Bogotá.
- DE PORTA, J.; SOLÉ DE PORTA, N. 1960. El Cuaternario marino de la Isla de Tierrabomba. *UIS, Bol. Geol.*, (4). Bucaramanga.
- DE PORTA, J. et al. 1963. Nuevas aportaciones al Holoceno de Tierrabomba. *UIS, Bol. Geol.*, (12). Bucaramanga.
- DE PORTA, J.; et al. 1974. *Léxico Estratigráfico Internacional. Volumen V, Fascículo 4B Colombia, Terciario y Cuaternario, Centre National de la Recherche Scientifique. París.*
- DUQUE-CARO, H. 1967. Informe Bioestratigráfico preliminar de los cuadrángulos D-8 y E-8. *Serv. Geol. Nal., Informe 1522. Bogotá.*
- . 1972. Ciclos tectónicos y sedimentarios en el Norte de Colombia y sus relaciones con la Paleogeología. *Ingeominas, Bol. Geol.*, 19 (1). Bogotá.
- . 1973. Foraminíferos plantónicos y el terciario de Colombia. *Ingeominas, Informe 1651. Bogotá.*
- . 1975. Los foraminíferos planctónicos y el Terciario de Colombia. *Rev. Española Micropaleont.*, 7 (3):403-427.
- . 1979. Major structural elements and evolution of north western Colombia. En: *Watkins, J.S.; Mantadert, L.; Dickerson, P.W. (eds). Geological and Geophysical Investigations of Continental Margins. Am. Assoc. Petrol. Geol. Mem.*, 29:329-351.
- . 1980. Geotectónica y evolución de la región noroccidental colombiana. *Ingeominas, Bol. Geol.*, 23 (3) Bogotá.
- . 1984. Estilo Estructural, Diapirismo y Episodios de Acrecimiento del Terreno Sinú-San Jacinto en el Noroccidente de Colombia. *Ingeominas, Bol. Geol.*, 27 (2). Bogotá.
- . 1990. Neogene stratigraphy, paleoceanography in Northwest Southamerica and the evolution of the Panama Seaway. *Paleoeco. Paleoclim. Paleoecol.*, 77:203-234. Elsevier. Amsterdam.
- DUQUE-CARO, H.; DUEÑAS, H.; GONZALEZ, L. 1987. The Stratigraphy and Daipiric Structures of the Northwestern Colombia (Cartagena – Carmen de Bolívar Areas). 30 *Field Trip., Col. Soc. Petrol. Geol. Bogotá*
- DUQUE-CARO, H.; GUZMAN, O.; HERNANDEZ, R. 1991. Estratigrafía de la plancha 38, Carmen de Bolívar. *Ingeominas, (inédito). Bogotá.*
- DURHAN, J. 1985. Movement of the Caribbean plate and its importance for biogeography in the Caribbean. *Geology*, 13. California.
- FRANCO, J.; CASTIBLANCO, C. 1993. Inventario de canteras, Area de Cartagena. *Ingeominas, (Inédito). Cartagena.*
- GERMERAAD, JH.; MULLER, J. 1968. Palinology of Tertiary Sediments from tropical areas. *Rev. Palaebota. Palynol.*, 6 (3-4). Amsterdam.
- HENAO, L. D. 1951. Geología del departamento de Atlántico. *Inst. Geol. Nal., Informe 754. Bogotá.*
- HOWELL, D.; NORMARK, W. 1988. Sedimentology of Submarine Fans. *U.S. Geol. Surv. Menlow Park, California.*

- IGAC. 1982. Estudio General de Suelos de la Zona del canal del Dique (Departamento de Bolívar). 14 (11). Bogotá.
- INGEOMINAS. 1988. Mapa Geológico de Colombia. Esc 1:1.500.000. Bogotá.
- IRVING, E. 1971. La evolución estructural de los Andes más septentrionales de Colombia. Ingeominas, Bol. Geol., 19(2). Bogotá.
- Mc CLAY, K. 1992. Glossary of Thrust tectonics terms. Depart. geol., Royal Holloway and Bedford New Collegue., U. London, Egham, England.
- MORER, J.; NICHOLLS, V. 1960. Calizas de la Región de Cartagena. Ingeominas, Bol. Geol., 9(1-3). Bogotá.
- NORMACK, D. J.; PIPER, W. ;HESS, G. R. 1979. Distributary channels, sand Lobes and mesotopography of Navi Submarine fans, California, Borderland, with applications to ancient ffan sediments. Sedimentology, 26 :749-774.
- RAASVELDT, H. 1953. Algunas anotaciones del croquis fotogeológico del Departamento de Atlántico. Serv. Geol. Nal., Informe 936. Bogotá.
- REINECK, H. E. 1967. Layered sedimens of Tidal flats, beaches and shelf botton of the North Sea. En: G.H. Lauff, Estuaries. Am Assoc. Adv. Sci, Pub., :191-206. Washington, D.C.
- REYES, G.; ZAPATA, G. 1996. Geología de la plancha 24, Sabanalarga. Ingeominas. Bucaramanga.
- REYES, G.; CLAVIJO, J. 1996. Geología Estructural de los de los Cinturones de San Jacinto y Sinú Norte. 7 Congr. Col. Geol.
- 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, CEGOC, 8. Bogotá.
- SOLÉ DE PORTA, N. 1960. Observaciones palinológicas sobre el Plioceno de Cartagena (Colombia). UIS, Bol. Geol., (4). Bucaramanga.
- THOMPSON. 1957. Tidal flat sediments of the Colorado delta, northeastern Gulf of California. En: R.N. Ginsburg, Tidal deposists, 57-65 p. Springer Verlag. New York.
- TOTO, E.; KELLOGG, J. 1992. Structure of the Sinu-San Jacinto fold beld An active accretionary prism in northern Colombia. South Am. Earth Sci., 5 (2).
- Van der HAMMEN, T. 1958. Estratigrafía del Terciario y Maestrichtiano Continentales y Tectogénesis de los Andes Colombianos. Ingeominas, Bol. Geol., 6 (1-3). Bogotá.
- Van der HAMMEN, T.; ROGHIEMSTRA, H. 1995. Cronoestratigrafía y Correlación del Plioceno y Cuaternario en Colombia.
- WALKER, ; Matti, E. 1973. Turbidite facies asociaciacion. En: G.N. Niddlenton; A.H. Bouma (eds.). Turbidites and Deep Water sedimentation SEMP Pacific sec. :119-157.
- WEIMER R. Y.; HOWARS J. D.; LIND-SAY D.R. 1992. Tidal flats and associated tidal channels. En: Schole, P.; Spealing, D. (eds.). Sandstone depositional environments. Am. Assoc. Petrol. Geol. Bull., 191-245 p. Tulsa.
- ZAG, WINJIN, W. H. 1992. The eginning of the ice age in Europa and its mayors subdivisions. Quaternary Sciencia Reviews, 11:583-591.
- ZUIDAN, R., 1982. Terrain Classification ITC – Textbook, ITC. Enschede, Netherlands.



INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN E INFORMACIÓN
GEOCIENTÍFICA, MINERO-AMBIENTAL Y NUCLEAR.

Diagonal 53 N° 34-53, A.A. N° 48-65
Bogotá, D.C., Colombia, S.A.
www.ingeminas.gov.co

Editora
MARGARET MERCADO

DIAGRAMACIÓN
MULTIMEDIOS LTDA.

PUBLICACIÓN DIGITAL INGEOMINAS, 2001
UNIDAD DE PRODUCCIÓN DIGITAL

ESTA ES UNA PUBLICACIÓN DE INGEOMINAS, COFINANCIADA POR
EL FONDO NACIONAL DE REGALÍAS.