



**GEOLOGÍA DE LOS CINTURONES
SINU – SAN JACINTO**

Informe No. .

**Por
GEOTEC S.A.**

Bogotá D.C., 1997

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

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

GEOLOGÍA DE LOS CINTURONES SINÚ – SAN JACINTO

**Por
GEOTEC S.A.**

Bogotá, D.C. 1997

CONTENIDO

ANEXOS

ANEXO 1

- Figura 1.** Mapa geológico de la Plancha 50.
- Figura 2.** Mapa geológico de la Plancha 51.
- Figura 3.** Mapa geológico de la Plancha 59.
- Figura 4.** Mapa geológico de la Plancha 60.
- Figura 5.** Mapa geológico de la Plancha 61.
- Figura 6.** Mapa geológico de la Plancha 69.
- Figura 7.** Mapa geológico de la Plancha 70.
- Figura 8.** Mapa geológico de la Plancha 71.
- Figura 9.** Mapa geológico de la Plancha 79.
- Figura 10.** Mapa geológico de la Plancha 80.
- Figura 11.** Correlación litoestratigráfica del sector norte cartografiado.
- Figura 12.** Correlación litoestratigráfica del sector sur cartografiado.

ANEXO 2

- A.** Anexo bioestratigráfico.
- B.** Anexo petrográfico.

FIGURAS

Figura 1. Localización en el área de trabajo de los “cinturones plegados” de Sinú - San Jacinto y de las provincias geomorfológicas.

Figura 2. Modelo esquemático de la evolución de la Cuenca Caribe Colombiana.

Figura 3. Elementos estructurales mayores de los “cinturones plegados” de Sinú - San Jacinto.

Figura 4. Columna estratigráfica resumida de las unidades cartografiadas en los “cinturones” de Sinú y San Jacinto.

RESUMEN

La región correspondiente al área cartografiada es una parte de los denominados “cinturones plegados” de Sinú - San Jacinto, los cuales se localizan en la esquina noroccidental de Suramérica, a lo largo de un sector entre el límite de las placas del Caribe y Suramérica.

La evolución tectónica de dicha región ha sido controlada desde el Cretácico tardío por la interacción entre estas placas, que ha resultado en una aparente migración hacia el oriente de la Placa del Caribe a lo largo del margen de Suramérica. Este proceso generó el desarrollo de dos prismas acrecentivos con estilos estructurales e historias deposicionales definidas y observables en la cartografía aquí presentada, que comprenden:

Prisma acrecentivo de San Jacinto desarrollado al oeste de la cuenca del Valle Inferior del Magdalena.

Prisma acrecentivo del Sinú desarrollado al oeste del prisma acrecentivo de San Jacinto.

Información geológica de superficie (cartografía de 10 planchas, a escala 1:100.000) e información consultada de subsuelo permiten establecer un mejor entendimiento de los rasgos estructurales y estratigráficos que definen cada uno de los “cinturones plegados”.

Las unidades más antiguas expuestas en el “cinturón plegado” de San Jacinto consisten de sedimentitas del Cretácico Superior (Formación Cansona Ksc) y de limitados afloramientos de rocas volcánicas máficas - ultramáficas (basamento de corteza oceánica) que por comparación regional se les asigna una edad cretácica. Estas rocas se encuentran suprayacidas por sedimentitas del Paleoceno al Oligoceno (formaciones San Cayetano (Pgsc), Chalán (Pgch) y El Floral (Pgf), que presentan una fuerte deformación y fallamiento inverso (principalmente cabalgamientos) con vergencia predominante al oeste.

Encima de la discordancia del Mioceno medio, los sedimentos que constituyen las formaciones El Cerrito (Ngc), El Descanso (Ngd) y Morroa (Ngm) están menos deformados y parecen tener correspondencia con los presentes en el Valle Inferior del Magdalena.

Por otra parte, el prisma acrecentivo del Sinú se caracteriza por la presencia de sedimentitas en estructuras dómicas de las denominadas unidades Chert de Candelaria (Pgc), secuencia de La Risa (Pgr), secuencia de Manantial (Pgm) y secuencia de Maralú (Pgma), que abarca desde el Eoceno medio al Oligoceno superior.

Las secuencias de Pavo (Ngp), Campano (Ngca), Floresanto (Ngf), Pajuil (Ngpa), Moñitos (Ngmn), Morrocoy - El Pantano (Ngmp), Arenas Monas (Ngam), Broqueles (Ngb), Cachaco (Ngch), Loma del Muerto (Nglm) y Tabular (Qta) documentan desarrollos sedimentológicos con alta variabilidad de facies y una tectónica propia de un prisma acrecentivo en el Neógeno. Los rasgos estructurales mayores incluyen: amplios sinclinales delimitados en su mayoría por fallas inversas y, en contraste, la casi ausencia de estructuras anticlinales. Las fallas inversas, en general reconocidas como fallas cabalgantes, tienen una dirección preferencial NNE-SSW, vergencia predominante al oeste, y son limitadas en gran parte por fallas de rumbo con dirección perpendicular u oblicua a las fallas inversas y movimiento tanto dextral como sinistral.

Todo este cuadro tectono sedimentológico se encuentra alterado o deformado por estructuras dómicas, que aprovechan planos de debilidad estructural para “romper”, “deformar” o “abombar” estructuras previas y llevar a superficie rocas más antiguas.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 OBJETIVO

De conformidad con el contrato 300 de fecha noviembre 13/96 efectuado entre INGEOMINAS y GEOTEC Ltda., se presentan los resultados del estudio de cartografía geológica de un sector del noroeste de Colombia. Dicha información cartográfica comprende las planchas 50 Puerto Escondido, 51 Lorica, 59 Mulatos, 60 Canalete, 61 Montería, 69 Necoclí, 70 San Pedro de Urabá, 71 Planeta Rica, 79 Turbo y 80 Tierralta, según la nomenclatura del IGAC, y se presentan a escala 1:100.000.

Tanto la información topográfica como la geológica fue capturada utilizando el programa ARC/INFO. El contenido de la memoria geológica que acompaña la información cartográfica mencionada se presenta igualmente en medio magnético.

1.2 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA

El área de estudio contratada se localiza en la zona noroeste de la porción continental de Colombia, más exactamente en la Región Natural Caribe. El área cartografiada cubre más de 16.000 km² y comprende sectores de los departamentos de Córdoba y Antioquia (Figura 1).

Esta región presenta un clima tropical semiseco, correspondiente al piso térmico cálido, característico de alturas inferiores a 500 m y temperaturas superiores a 24 grados centígrados. Tiene una precipitación media anual promedio de 1.100 – 1.400 mm, que disminuye al rango de 500 – 900 mm en la franja costera del norte y aumenta hacia el sur en el área de Abibe - Las Palomas, donde alcanza hasta 2.500 mm anuales. En términos generales, es un terreno que presenta vegetación de playas en la porción costera, vegetación cenagosa en las zonas de inundación y bosques ecuatoriales húmedos en la región de Sinú – Urabá.

Se presentan lluvias intensas, generalmente durante los meses de abril - mayo y octubre - noviembre, lo cual produce frecuentes inundaciones en las zonas bajas. La mayoría de los arroyos se comportan como corrientes intermitentes y se vuelven secos durante gran parte del período veraniego. Las cuencas hidrográficas sufren erosión acelerada en las cabeceras debido a la deforestación y la sedimentación en los lechos aluviales.

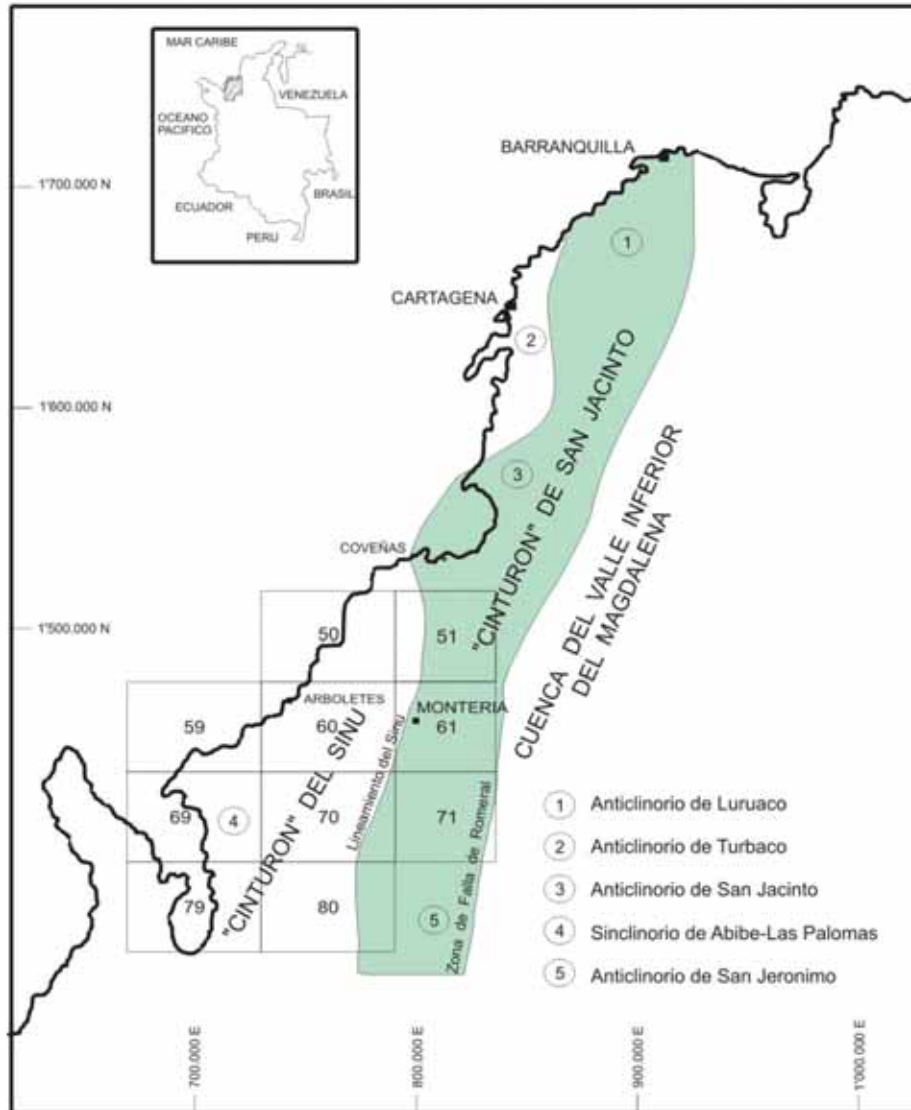


Figura 1: LOCALIZACION EN EL AREA DEL TRABAJO DE LOS CINTURONES PLEGADOS DE SINU - SAN JACINTO Y DE LAS PROVINCIAS GEOMORFOLOGICAS.

1.3 LOCALIZACIÓN GEOLÓGICA

El área cartografiada comprende una porción del Cinturón plegado de San Jacinto y gran parte del dominio continental del Cinturón plegado del Sinú (Figura 1). Desde el punto de vista geomorfológico se subdivide en:

Anticlinorio de Luruaco.

Anticlinorio de Turbaco.

Anticlinorio de San Jacinto.

Sinclinorio de Abibe – Las Palomas.

Anticlinorio de San Jerónimo.

1.4 METODOLOGÍA DE TRABAJO

Aunque el objeto del presente trabajo es de carácter regional, se presenta por primera vez a la comunidad geológica un trabajo detallado y sistemático de las unidades litoestratigráficas aflorantes en un sector del noroeste de Colombia.

Para acometer tal tarea, fue preciso el concurso de nueve geólogos, que durante cinco meses de trabajo de campo y cuatro meses de actividades de oficina lograron reunir el soporte geológico que aquí se presenta.

Las labores de geología de campo y la presentación de la memoria geológica fueron lideradas por el geólogo Fabio Laverde, mientras que la interpretación fotogeológica convencional y de imágenes de radar corrió a cargo del geólogo Carlos Cáceres. El doctor Fabio Cediell efectuó una revisión del trabajo en mención.

La presentación del trabajo en forma digital sirvió de base para efectuar una revisión y actualización de la información, lo cual conllevó al trabajo de un geólogo y un profesional en las técnicas de ARC/INFO durante seis meses.

Para alcanzar los objetivos propuestos se siguieron los siguientes pasos:

Compilación bibliográfica de todos los estudios geológicos publicados y de aquellos elaborados por compañías petroleras en dicha área.

Elaboración y restitución de mapas topográficos en zonas donde la información topográfica básica era muy pobre.

Interpretación fotogeológica convencional y elaboración del primer esquema de la sucesión litoestratigráfica y del estilo estructural del área.

Trabajo de cartografía geológica en el campo, con levantamiento de secciones estructurales, medición de columnas estratigráficas, muestreo sistemático y comprobación en campo de la interpretación de los sensores remotos.

Revisión conjunta entre los coordinadores de la geología de campo y de sensores remotos de los principales rasgos geológicos determinados.

Actividades de oficina donde se integraron todas las observaciones geológicas de campo, la interpretación de sensores remotos y los resultados del muestreo petrográfico y bioestratigráfico.

Edición y presentación del trabajo propuesto.

Como este trabajo es el resultado de la integración de las observaciones de campo, que se compendian en los capítulos siguientes, y de la interpretación de sensores remotos, a continuación se presenta un bosquejo de la metodología empleada en la interpretación fotogeológica.

1.4.1 Generalidades

Para el estudio fotogeológico del área se utilizaron fotografías aéreas convencionales tomadas por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi, cuya fecha de toma comprende desde 1948 (las más antiguas) hasta 1981. Los vuelos son norte sur y cubren un 96% del área trabajada (4% de *gap*). El material es de buena calidad, en general, pero presenta como desventajas las diferencias de escalas, nubes en algunos sectores y la vejez del material.

Hacia el final del trabajo, se recibió e interpretó una imagen de radar, tomada en marzo de 1986 por Mars Associates. Ésta fue de gran ayuda para el estudio regional de las estructuras del área.

Se seleccionaron unidades fotolitológicas cuya expresión geomorfológica y otras características fotoindentificables permitieran cartografiarlas en las aerofotografías y, a la vez, fueran fácilmente reconocidas en el campo. Se les dio la denominación informal de “unidad” y “secuencia” para evitar confusiones con la nomenclatura geológica existente, ya de por sí con problemas; y, además, para verificar posteriormente en el campo la conveniencia de formalizarlas, según sus características litoestratigráficas.

1.4.2 Observaciones fotogeológicas

Las “unidades”, en general, son reconocibles por su expresión fotogeomorfológica, topográfica y su drenaje, y sólo cuando ocurren estructuras dómicas ocurren en toda el área, y son geoformas que truncan, o se inyectan por los planos de estratificación de las rocas o de las fallas, o deforman las sedimentitas y las afectan de tal manera que sólo por su morfología se reconoce el fenómeno.

El estudio fotogeológico mostró que el estilo estructural del área es de grandes pliegues sinclinales con sus ejes orientados NE-SW, cuyas terminaciones periclinales están deformadas o interrumpidas abruptamente por fallas de tipo *strike slip* orientadas WNW-ESE. Las áreas situadas lateralmente entre sinclinales están muy deformadas por cabalgamientos principalmente.

1.4.3 Estructura dómicas

Las estructuras dómicas en este sector de Colombia jugaron un papel muy importante en la conformación de las estructuras estudiadas. Su interpretación en las fotografías aéreas, su reconocimiento y verificación en el campo y su cartografía, es fundamental para la comprensión de la estratigrafía y estructura del área. Generalmente, estas geoformas son dómicas – semidómicas, o abombadas, desarrollan drenaje anular y radial, a veces deflecan cursos de agua y, en algunos casos, presentan cuerpos “exóticos” o alóctonos de rocas más antiguas que no han sido reconocidas en el área en su posición normal dentro de la sucesión estratigráfica (fotografías 1 y 2).

En ciertos casos, la geoforma corresponde a un volcán de lodo, o a una zona de múltiples “ventanas” por donde continuamente mana lodo asociado con hidrocarburos (fotografías 3 y 4). En los sitios donde ocurren estas geoformas, los estratos sufren abombamiento, arqueamiento, inversiones y cambios rápidos de rumbo, que crean complejidad estructural.

1.4.4 Fotogeomorfología del valle del río Sinú

El estudio fotogeomorfológico del valle del río Sinú dio información muy escasa. Este es un valle de forma irregular que se inicia en el sur en la localidad de Chibogadó y termina al norte, entre Lorica y San Bernardo del Viento. Entre Chibogadó y Montería, el valle es estrecho y asimétrico, y desarrolla en su borde occidental un aterrazamiento antiguo ya muy modelado. El río ha ido migrando de oeste a oriente y dejó una serie de meandros, cursos antiguos abandonados y otras formas aluviales como testigos de la paleolocalización del cauce en estos sectores. Entre Montería y Lorica, el valle se ensancha considerablemente y presenta en sus dos márgenes restos ya muy erosionados de antiguas terrazas. El río toma una dirección norte sur y presenta pocos meandros y tramos muy rectos, que pueden indicar un control estructural. Este sector corresponde a un bajo topográfico (y estructural ?), que fue ocupado hasta tiempo muy reciente por una gran ciénaga. En Lorica, el río tuerce bruscamente hacia el NW y corre a desembocar al mar para formar un gran delta, frente a San Bernardo del Viento. El cambio repentino del curso es debido, probablemente, a una falla de rumbo, denominada la Falla de Lorica.

Las posibles estructuras precuaternarias, enterradas por los depósitos aluviales, no se reflejan en superficie; sólo fue posible detectar un gran alineamiento, que va paralelo al río Sinú, de forma semicircular (Tierralta) que podría reflejar un pliegue (sinclinal ?). Tal vez un estudio más detallado permita interpretar otras estructuras presentes en el subsuelo del valle.



Fotografía 1

Estructura dómica de El Cerrito, ubicada al oeste de San Antero. Se compone principalmente de brechas polimícticas cuyos constituyentes son elementos típicos de las Unidades 1, 2 y 3 (reconocidas en el "cinturón del Sinú"). Allí se reconocieron superficies pulidas o estriadas y deformación de los constituyentes mencionados.



Fotografía 2

Detalle de las brechas polimícticas de El Cerrito, mencionadas en la fotografía anterior. Aquí se muestra el tamaño, forma y disposición de rocas porcelaníticas gris amarillentas con inclusiones de chert rojo, características de la Unidad 1 (mitad izquierda de la fotografía), packstone de calizas de algas y macroforaminíferos, típica de la sub-Unidad 2b (mitad derecha, parte superior de la fotografía) y arenitas conglomeráticas cuarzosas de la Unidad 3 (mitad derecha, parte inferior de la fotografía).



Fotografía 3

Volcán de lodo activo de Puerto Escondido.



Fotografía 4

Detalle del volcán de lodo de Puerto Escondido. Se observan emanaciones de gas y burbujas en ocho sitios diferentes.

1.5 AGRADECIMIENTOS

La consecución de la presente información por parte de INGEOMINAS, fue posible gracias al interés del Director General, doctor Adolfo Alarcón Guzmán, del Jefe del Área de Geología, geólogo Ricardo Escovar y de la especial colaboración del coordinador del programa de Levantamiento y Procesamiento de la Cartografía Geológica, el geólogo Eduardo Cardozo.

2. MARCO GEOLÓGICO REGIONAL

El marco geológico regional del área cartografiada (gran parte de la Cuenca Caribe) no puede entenderse sin hacer referencia a la evolución geológica de la esquina noroccidental de Suramérica y su relación con el origen de la Placa Caribe.

Aproximadamente a finales del Mesozoico se configuran dos estilos de márgenes continentales en el noroeste de Suramérica. Hacia el oeste se desarrolló un margen activo sobre el actual Océano Pacífico y ocurrió una colisión entre Suramérica y el límite este de la actual Placa Caribe en el Cretácico tardío – Paleoceno, que resultó en el acrecimiento de lo que ahora es parte de la Cordillera Occidental de Colombia.

Por otro lado, hacia el norte de Suramérica se desarrolló un margen pasivo, que se ha relacionado con la extensión del Mesozoico entre Norteamérica y Suramérica y, por ende, al desarrollo de una cuenca oceánica proto-Caribe.

Desde el Cretácico tardío hasta el Neógeno temprano, la Placa Pacífica comienza un movimiento continuo hacia el noreste a lo largo de una zona de fallas de orientación NE-SW. De esta manera se lleva a cabo el emplazamiento de la Cordillera Occidental y el basamento de la Cuenca Caribe (terrenos de Sinú – San Jacinto) a lo largo de fallas transcurrentes. La oblicuidad del movimiento de las placas corresponde con una deformación de tipo transpresivo y de carácter de desplazamiento dextral.

La deformación neógena de la cuenca Caribe y su contacto al este con dominios de corteza continental (Valle Inferior del Magdalena) es más una compleja y difusa zona de límite entre placas que un límite de placas bien definido.

2.1 LA ESTRUCTURA DE LA CUENCA CARIBE COLOMBIANA

La cuenca Caribe colombiana es una cuenca de margen de placa, de edad cenozoica, estructurada en dos fajas o “cinturones plegados” adyacentes:

El Cinturón Plegado de San Jacinto acrecionado al margen del norte de Colombia en el Paleógeno. La mayor parte de su extensión aflora costa adentro; la porción norte se encuentra bajo el mar.

El Cinturón Plegado del Sinú, el cual parece haber sido emplazado a lo largo del margen oeste del Cinturón de San Jacinto y su edad probable es neógena. Únicamente su porción

sur aflora costa adentro; dos terceras partes de su extensión hacen parte de la actual plataforma costera. La expresión morfológica del Cinturón Plegado del Sinú es menos prominente que la de San Jacinto.

En el Cinturón Plegado del Sinú, así como en la culminación sur y norte del Cinturón de San Jacinto, se desarrollan amplios sinclinales en relación con los mayores cabalgamientos; estas estructuras, por sus características, representan cuencas longitudinales de hundimiento (*piggy back*). Algunos de estos cabalgamientos tienen un desplazamiento vertical significativo, mientras que en otros, éste es menor y las complejidades presentes parecen derivarse del efecto combinado de otras fallas de desplazamiento de rumbo.

2.2 LA EVOLUCIÓN DE LA CUENCA CARIBE COLOMBIANA

La evolución de la cuenca Caribe colombiana (Figura 2) estuvo controlada por la interacción de las placas de Suramérica y del Caribe. A finales del Cretácico existían dos grandes dominios geológicos: al este de la sutura de Romeral se presentaba una zona emergida, probablemente la continuación al norte de la Cordillera Central, constituida por rocas volcánico sedimentarias con metamorfismo regional de bajo grado y plutonitas de carácter ácido a intermedio, y al occidente un fundamento de rocas de afinidad oceánica constituida por basaltos y serpentinitas generadas aparentemente en un centro de expansión oceánica y de edad cretácica tardía.

Sobre estas rocas básicas se depositaron sedimentos finos del Maastrichtiano – Coniaciano de la denominada Formación Cansona (Ksc), que afloran en algunos sectores del Cinturón de San Jacinto. Sedimentitas finas con microfósiles del Paleoceno y correspondientes a zonas batiales caracterizan, junto con arenitas y conglomerados, a depósitos turbidífticos de la denominada Formación San Cayetano.

Un hiato sedimentario en el Eoceno inferior sugiere un tectonismo regional importante, seguido por un período de vulcanismo que se registra por la sedimentación silíceo de aguas profundas y el depósito de material tobáceo de los denominados Chert de Candelaria en la región del Sinú y los Chert de Aguas Blancas en la región de San Jacinto.

El período de relativa quietud que caracteriza al Eoceno medio (Luteciano) en la región de San Jacinto finaliza con la sedimentación marina de aguas más someras de lutitas, margas y calizas de las formaciones Chalán/ La Risa.

Episodios acrecentivos de la cuña sedimentaria se manifiestan por la distribución irregular de las sedimentitas sobre la discordancia del Eoceno medio - superior (base de la Formación El Floral/ Areniscas de Manantial). Un período de aquietud domina los ámbitos de sedimentación del Oligoceno y se expresa por depósitos marinos finos de la secuencia post-Manantial (Maralú) y de la parte superior de la Formación El Floral.

Una inundación general en el Mioceno temprano se registra en el Sinú (Formación Floresanto), y cubre los depósitos más someros y lutitas que caracterizan el período más temprano (unidades de Pavo y Campano).

La orogenia desarrollada en el Plioceno y manifiesta en la discordancia intra-Plioceno es seguida por el depósito potente de sedimentitas en la región del Sinú y la configuración de las cuencas de hundimiento (*piggy back*).

3. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

A continuación se analiza regionalmente el área comprendida entre el río Sinú y el mar Caribe, con el propósito de identificar los rasgos estructurales más importantes y sugerir alguna interpretación tectónica que permita comprender mejor la evolución geológica del área (Figura 2).

El esquema adjunto es un resumen de los datos estructurales contenidos en la cartografía geológica, escala 1:100.000, obtenida ésta mediante la definición de la secuencia estratigráfica del área, la fotogeología, a escala 1:50.000, y la interpretación de la imagen de radar, a escala 1:200.000.

3.1 SITUACIÓN GENERAL

El área descrita se halla a continuación de la terminación septentrional de la Cordillera Occidental y al occidente del Lineamiento del Sinú, este último subparalelo a la prolongación norte del Sistema de Fallas Romeral. Este marco regional indica que el basamento del Cinturón de San Jacinto está constituido por rocas cretácicas pertenecientes a un complejo ofiolítico o a depósitos sedimentario volcánicos (máficos), adosado a la Placa Continental Suramericana a lo largo de la “Sutura” de Romeral.

El basamento cretácico que bordea la cuenca Caribe se halla principalmente bajo la cubierta paleógena que constituye las partes bajas de la Cordillera Occidental, al sur de la cuenca y en los complejos ultramáficos de Planeta Rica - Montelíbano al oriente de la misma. El basamento cretácico del Cinturón de San Jacinto es comparable litoestratigráficamente con la placa Caribe.

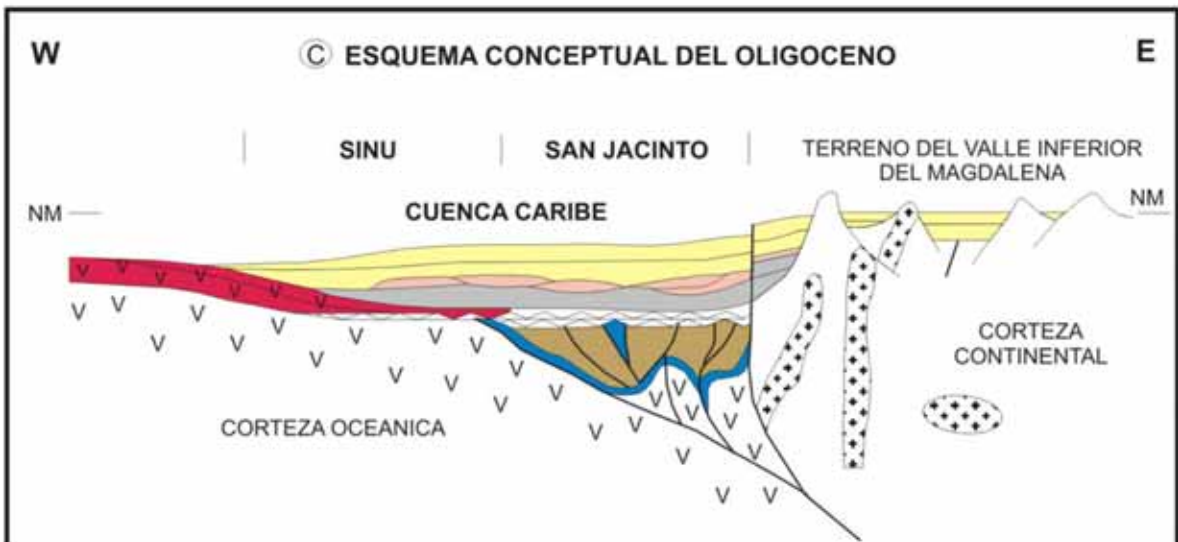
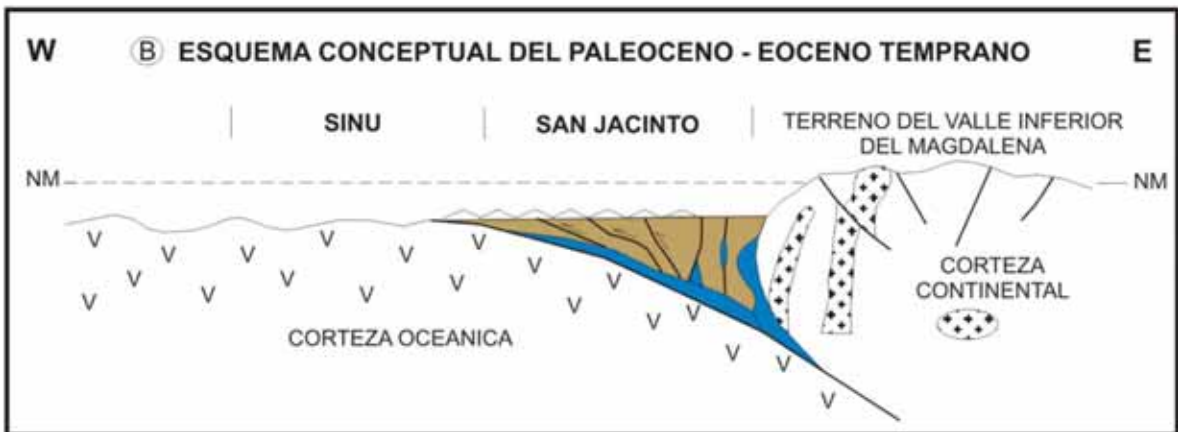
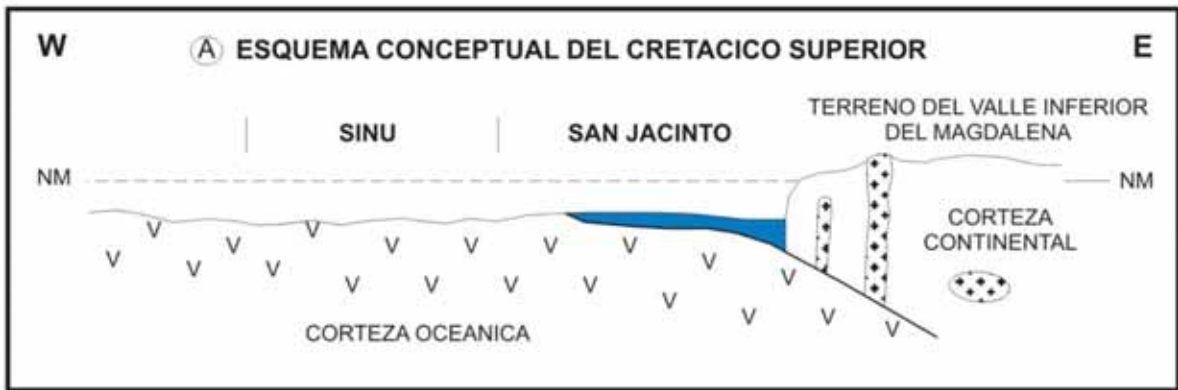


Figura 2: MODELO ESQUEMATICO DE LA EVOLUCION DE LA CUENCA CARIBE COLOMBIANA.

3.2 EL SISTEMA DE FALLAS

El elemento estructural dominante en la región estudiada está constituido por un sistema conjugado de fallas de rumbo (*strike slip*) y cabalgamientos (*thrusts*) (Figura 3).

Las fallas de rumbo tienen una orientación preferencial que varía aproximadamente de EW (Falla de Turbo, en el sur) a SE-NW (Falla de Lorica, en el norte). La dirección de movimiento de las mismas alterna sucesivamente entre el siniestral y dextral, a la vez que delimitan grandes bloques con desplazamientos laterales en direcciones aparentes NW y SE.

Dentro de cada uno de los bloques formados por las fallas de rumbo se desarrollan fallas de cabalgamiento cuyos planos buzcan, generalmente, hacia el SE, y que en algunas localidades presentan retrocabalgamientos (*backthrust*) con convergencia al este.

La falla de cabalgamiento El Yoky cambia su dirección general SE-NW en el sur, a SW-NE en el rumbo norte, cambio que asociado al cambio de orientación de las fallas de rumbo: Turbo, Congo y Umbito, sugiere una rotación de los vectores de esfuerzos que generan el sistema de fallas en discusión.

3.3 LOS PLIEGUES

Dentro de los grandes bloques se desarrollan amplios sinclinales, aparentemente simétricos, delimitados en sus flancos por fallas longitudinales, principalmente cabalgamientos.

Los anticlinales son casi excepciones dentro del sistema de pliegues, no solamente por su escaso número, sino por su corta extensión.

3.4 LAS ESTRUCTURAS DÓMICAS Y SU ORIGEN

La ubicación de los numerosos volcanes de lodo y estructuras dómicas en relación con las fallas cartografiadas sugiere una relación entre estos dos eventos. Los lodos, saturados de agua y gases, aprovechan los planos de falla para ascender y provocar derrames extensos a lo largo de las mismas fallas o a través de cráteres, generalmente, en forma explosiva.

El origen de las estructuras dómicas no es aún totalmente comprendido, pues existen varios tipos sin un origen común y para los cuales habría varias explicaciones posibles.

Donde aparecen los volcanes de lodo activos, hay una intrusión asociada y se desarrolla una verdadera estructura diapírica (Fotografía 1). También existen verdaderos diapiros de lodo, de forma cónica, sin asociación alguna con formas dómicas. El volumen y la extensión de los *shales* que infrayacen estas estructuras es imposible de estimar.

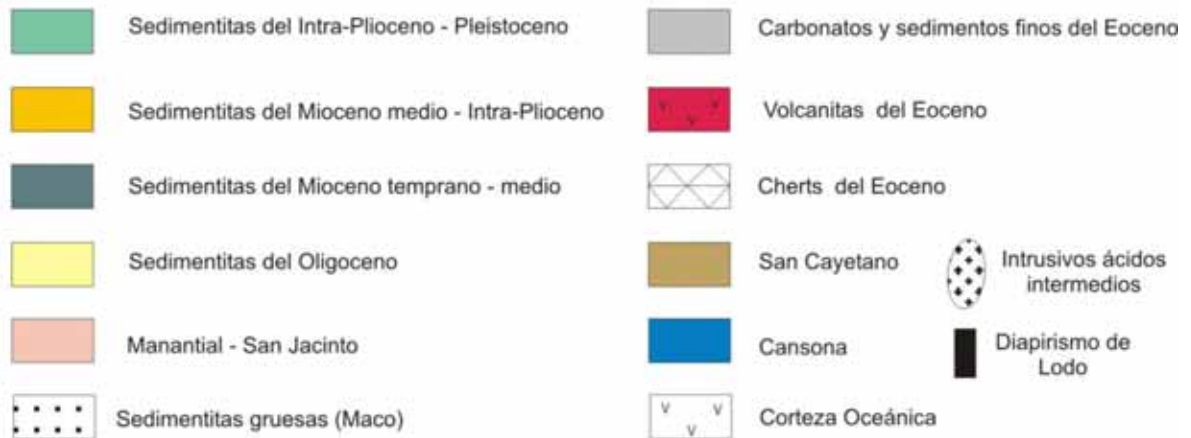
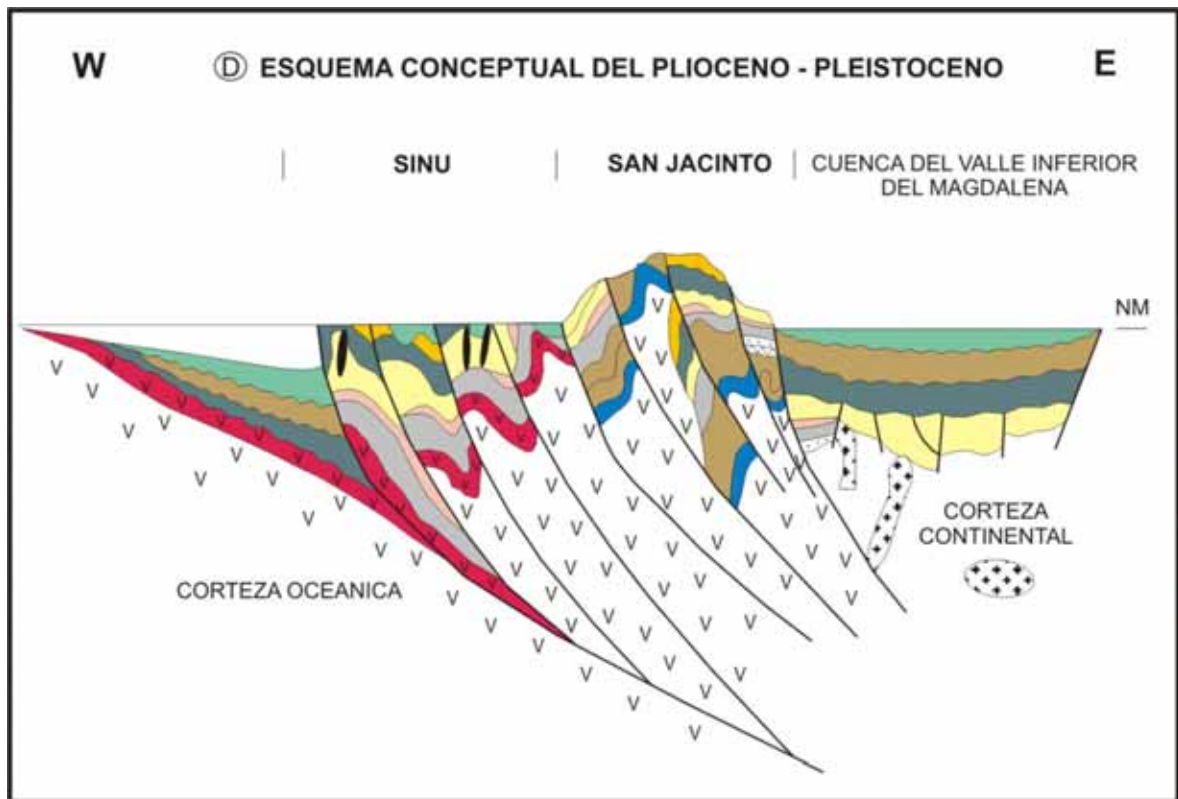


Figura 2: MODELO ESQUEMATICO DE LA EVOLUCION DE LA CUENCA CARIBE COLOMBIANA.

A lo largo de las fallas de cabalgamiento, los domos podrían ser culminaciones estructurales en el bloque y frente cabalgante, que contienen material más antiguo y resistente que ascendió a lo largo del plano de la falla. Aunque la mayoría de las estructuras dómicas se forman sobre el bloque yacente de las fallas de cabalgamiento, también pueden romper a través de algunas crestas de estructuras y enmascarar gran parte de la porción fallada. El lodo “lubricante” de estas geoformas parece tener origen en algunas lodolitas del Mioceno y secciones más antiguas, (como, por ejemplo, las lutitas de Maralú/El Floral), razón por la cual, en muchos lugares, se dificulta su identificación en una secuencia estratigráfica normal.

Por esta razón, es muy posible que la superficie de despegue de las estructuras dómicas de la región del Sinú sea en algún sitio las sedimentitas finas del Oligoceno. Estas geoformas dómicas podrían estar acentuadas por erosión diferencial y subsiguiente inyección de lodo a través de estas zonas de debilidad, sin que haya logrado penetrar hasta la superficie. La presencia, la naturaleza y la mezcla de fragmentos desorientados de una litoestratigrafía más antigua dentro de estas estructuras origina la presencia de megabrechas caóticas (Fotografía 2). Estas últimas podrían ser el producto de transporte tectónico y brechificación a lo largo del plano de cabalgamiento, que combinado con la inyección de lodo, explicaría su carácter caótico. Los derrames de material caótico a través de la traza de las fallas y sobre el bloque yacente, podrían explicarse también como transporte local de sedimentos.

Las formas dómicas pequeñas, localizadas en los bordes de los bloques cabalgantes, completamente rodeadas de sedimentos más jóvenes e incompetentes, dentro de los que “flotan”, podrían explicarse como grandes bloques alóctonos, desprendidos del bloque cabalgante, deslizados a lo largo de talud deposicional y conservadas como *klippes*.

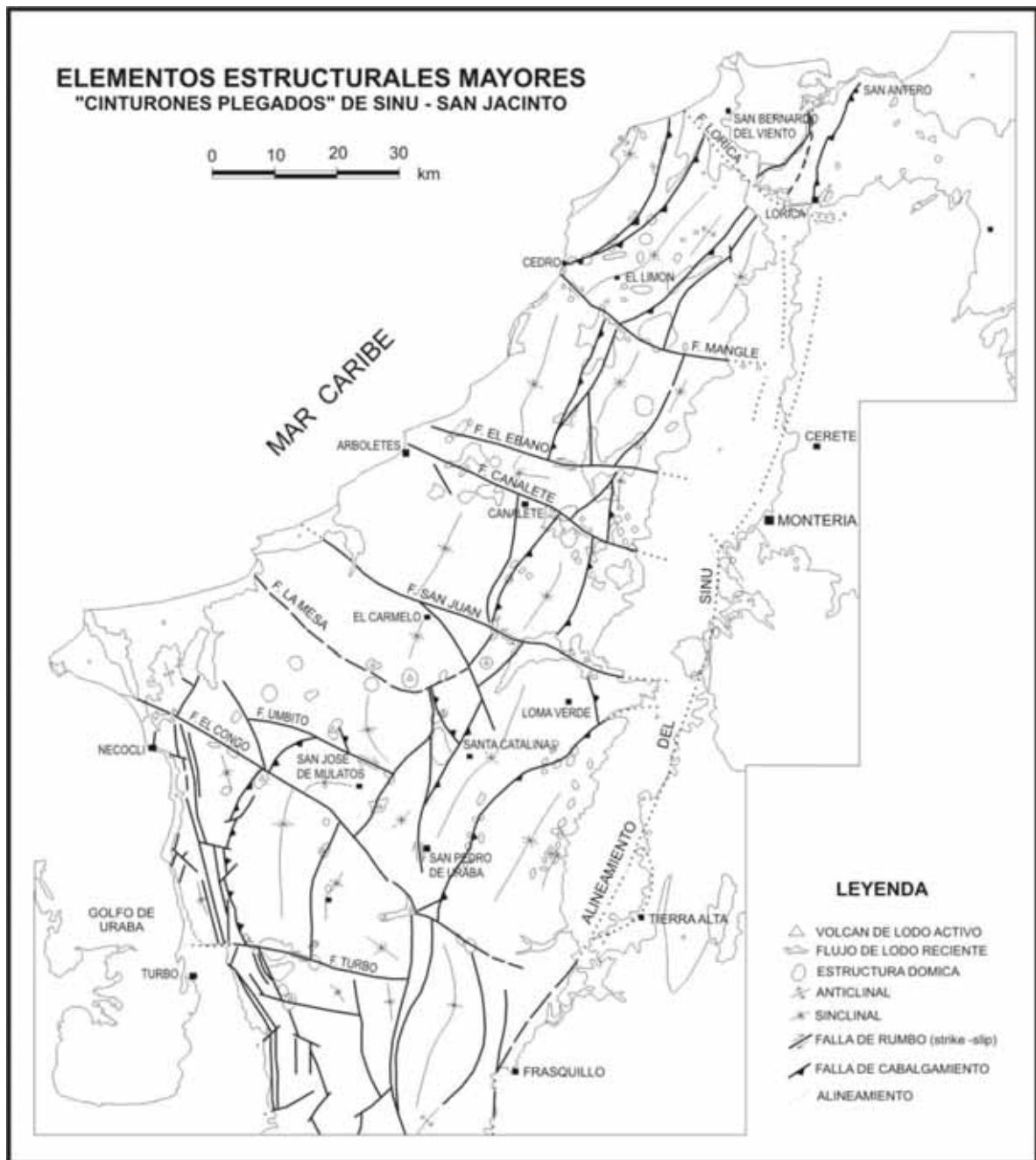


Figura 3: ELEMENTOS ESTRUCTURALES MAYORES DE LOS "CINTURONES PLEGADOS" DE SINU - SAN JACINTO

3.5 INTERPRETACIÓN TECTÓNICA

La región cartografiada de la Cuenca Caribe (Anexo 1, figuras 1 a 10) corresponde al flanco SE, hoy cratonizado, de una cuenca cuya continuación hacia el NW se encuentra aún bajo un régimen marino. El eje principal de la cuenca se encuentra seguramente costa afuera (*off-shore*).

El flanco cartografiado se desarrolló dentro de un campo de esfuerzos orientados tangencialmente a la orientación de las fallas de rumbo; dicho campo parece haber rotado del NW al N, y producido la convergencia y la divergencia de las fallas de rumbo y consiguiente basculamiento (*ups and downs*) de los bloques que delimitan.

El ambiente tectónico descrito, desarrollado simultáneamente con una subsidencia rápida, explicaría los frecuentes cambios laterales de facies observados.

El límite NW de la cuenca coincide, o mejor, estaría controlado por la zona del choque o convergencia oblicua entre la placa Caribe y el fragmento de la misma parcialmente cratonizado y que hoy constituye el basamento de la Cuenca del Caribe.

4. ESTRATIGRAFIA

4.1 INTRODUCCIÓN

Debido a la ausencia de trabajos estratigráfico estructurales sistemáticos de carácter regional en la mayor parte del área cartografiada, y con el objeto de evitar la confusión al designar nuevos nombres formacionales, se ha utilizado en este trabajo una nomenclatura ya consignada en el Léxico Estratigráfico Internacional (De Porta, 1974) para el caso de las unidades litoestratigráficas presentes en el Cinturón de San Jacinto y otra de carácter informal para el Cinturón del Sinú, que consiste fundamentalmente en la designación de unidades más antiguas a más modernas con los números de 1 al 14, y la identificación de ellas con el nombre de la localidad geográfica que sirvió de base para su designación. Para ambos dominios geológicos se acompaña de una abreviación del nombre designado (Figura 4).

El problema de identificación de las unidades litoestratigráficas se acentúa en zonas en donde la pobre exposición, el fallamiento, el plegamiento o las estructuras dómicas, interpretadas principalmente como diapíricas, hacen difícil correlacionar litotipos diferentes y, aparentemente, sincronos en áreas contiguas. En varias ocasiones, las dataciones paleontológicas han aumentado la duda y la incertidumbre de la disposición estratigráfica de las rocas aflorantes en el área, puesto que su determinación se ha basado en modelos geológicos preconcebidos y no en el carácter objetivo del significado geocronológico. Es por esto que se ha hecho énfasis en el carácter litológico y la asociación de litofacies para tratar de elaborar una secuencia estratigráfica lo más completa posible.

Las unidades cartografiadas son casi todas de origen sedimentario, del Cretácico Superior al Reciente, y se manifiesta una composición predominantemente lítica en la mayoría de las arenitas presentes, con la excepción de un nivel eminentemente cuarzoso (Unidad de Manantial), que ha servido de marcador guía. En sólo pocas localidades se observaron diabasas que se disponen junto con las secuencias sedimentarias más antiguas del Cretácico Superior. En el Anexo 1, figuras 11 y 12, se resumen las secciones estratigráficas levantadas en este trabajo y su correlación regional.

4.2 UNIDADES LITOSTRATIGRÁFICAS DEL CINTURÓN DE SAN JACINTO (ÁREA CARTOGRAFIADA).

4.2.1 Unidad litoestratigráfica Ksc – Formación Cansona

4.2.1.1 Distribución de afloramientos y sección tipo

En la parte norte del área de estudio, el único afloramiento visible de la Formación Cansona (Ksc) se encuentra en la cantera San Carlos, al este de Lorica e inmediatamente al norte del Corregimiento de San Sebastián (Plancha 51, Anexo 1, Fig. 2), donde se levantó una sección estratigráfica generalizada, de una secuencia de rocas que presentan fallamiento y plegamiento. En la región del Valle Alto del río Sinú, localizada en la parte más sureste estudiada (Plancha 80, Anexo 1, Fig. 10), se encuentran varios afloramientos pertenecientes a esta unidad, ya sea en carretables, caminos de herradura o en las márgenes del río Sinú, donde su rumbo estructural es casi paralelo al curso del río; sin embargo, no se encontró ninguna sección de referencia. En la cantera Purgatorio, ubicada a 5 km por la vía que conduce de Montería a Planeta Rica (Plancha 61, Anexo 1, Fig. 5) se presentan buenas exposiciones de chert negros, grises y pardos intercalados con limolitas y arcillolitas. En un sector se observan areniscas oscuras y calizas grises en posición estratigráfica no precisa. En la porción inferior de este afloramiento, chert pardos son afectados por pequeños diques y silos de una roca ígnea máfica muy meteorizada. Es necesario comentar que los chert que definen a la unidad de Cansona, se encuentran como detritos constituyentes de la mayoría de las rocas siliciclásticas de edades más modernas, o como fragmentos de aspecto brechoide en rocas porcelaníticas o margosas.

4.2.1.2 Observaciones de campo y litología

La unidad estratigráfica Ksc definida en la cantera San Carlos está constituida predominantemente por una secuencia de chert a limolitas de color gris, verde, negro, pardo y rojo, interestratificados con lutitas que presentan colores similares, dispuestas en capas decimétricas o centimétricas.

Hacia la base se presentan diabasas que aparentemente se interestratifican con los chert descritos; pero que debido a la meteorización y escaso afloramiento, no se pudo precisar la relación estratigráfica.

En la cantera San Carlos es posible identificar tres segmentos, a saber:

Segmento inferior de por lo menos 15 m de espesor, constituido por capas delgadas de chert a limolitas silíceas, de color gris oscuro (N3) a negro (N1), de apariencia laminada horizontal que refleja materia orgánica oscura, interestratificadas con láminas gruesas a capas delgadas de arcillolita gris oscuro a negro, localmente carbonosa y lodolitas verdosas.

A la base de esta secuencia se encuentra en contacto no muy bien definido una roca diabásica muy meteorizada, de color verde oscuro, de grano fino a mediano, compuesta por minerales félsicos (plagioclasa) incluidos en máficos (piroxenos) (Fotografía 5).

Segmento medio (Aproximadamente 30 m de espesor). Constituido por capas delgadas a medianas de chert a limolitas silíceas de color pardo rojizo oscuro a grisáceo (10R3/4 a 5R4/1), intercaladas con capas delgadas de arcillolitas y lodolitas pardo amarillento a pardo anaranjado, con fósiles regularmente conservados de *Pecten*. En varias partes, a la base de capas de chert o limolitas silíceas se presentan estructuras de carga (*load cast*), mientras que en la parte alta del segmento ocurre un nivel de limolita calcárea a micrita terrígena de color gris azulado oscuro.

Segmento superior (Aproximadamente 43 m de espesor). Capas delgadas a gruesas de arcillolitas, limolitas y lodolitas predominantes de color rojo (5R5/4 a 5R4/6) intercaladas con capas delgadas a medianas de chert a limolitas silíceas verde oliva grisáceas (10Y4/2, rojizas (5R5/4), gris amarillentas (5Y7/2) y pardo oscuro (10Y4/2) (Fotografía 6).

En la región del Valle Alto del río Sinú se observa una secuencia, en ocasiones rítmica, de capas gruesas de arenitas líticas grises, lodolitas negras y limolitas gris oscuras, intercaladas con chert negro y blanco, flujos basálticos y niveles brechosos sedimentarios.

4.2.1.3 Espesor

Se midieron aproximadamente 88 m de chert y lutitas en la región norte del área estudiada; en la región del Valle Alto del río Sinú las arenitas y lutitas superan los 800 m, mientras que los espesores de chert varían entre 100 y 350 m.

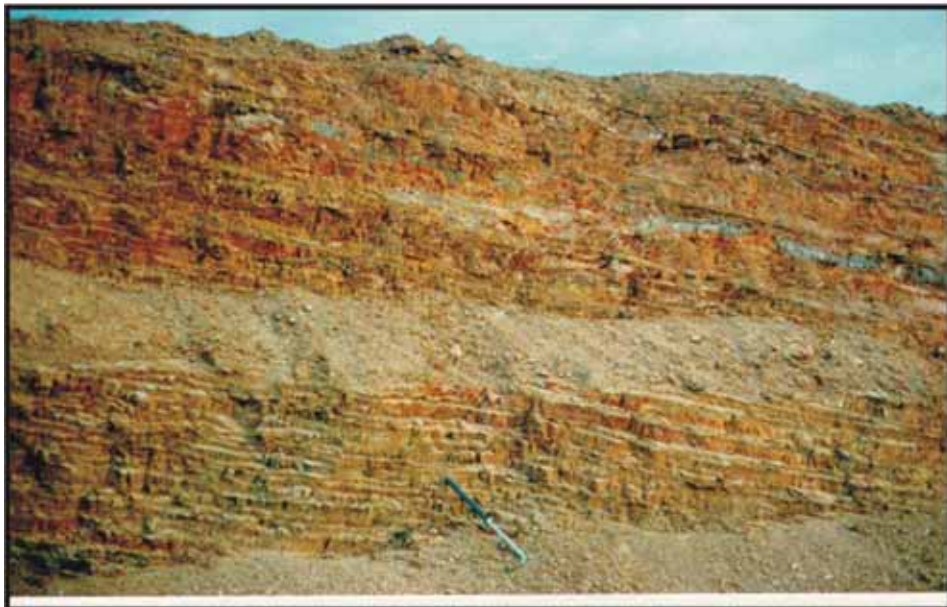
4.2.1.4 Contactos

No se observaron los contactos inferior y superior de la unidad Ksc, sin embargo, existe una relación de aparente paraconformidad entre los chert que caracterizan la unidad Ksc y las secuencias rítmicas de arenitas líticas y lutitas observadas en el Valle Alto del río Sinú.



Fotografía 5

Observación de la disposición de una roca diabásica de color gris verdoso (Parte inferior de la fotografía) que afecta de manera no muy clara la secuencia estratificada de cherts y limolitas que presentan un color de meteorización marrón claro a naranja grisáceo. Cantera San Carlos, corregimiento de San Sebastián, al este de Lorica.



Fotografía 6

Estratificación característica de la secuencia de cherts y limolitas silíceas de color gris amarillento a marrón, presentes en la parte superior del afloramiento observado en la cantera San Carlos, corregimiento de San Sebastián.

4.2.1.5 Petrografía

Las muestras L-86-181, L-86-629, colectadas en zonas de complejidad sedimentológica estructural, interpretadas como afectadas por diapirismo, inmediatamente al sur de la denominada Falla de Mangle, donde ocurren como clastos o componentes brechoides de rocas porcelánicas, y la muestra P-86-129, obtenida en la cantera San Carlos, se analizaron al microscopio, y resultó: chert opalino de textura criptocristalina, con arreglo lenticular paralelo y abundantes formas de radiolarios y espículas silíceas, también abundantes impregnaciones de óxidos de hierro, al parecer, asociadas a segregaciones volcánicas.

El análisis petrográfico de las muestras L-86-587A y P-86-125 tomadas de la cantera San Carlos es el siguiente:

Diabasa (basalto) de textura intergranular, bastante gruesa que toma un carácter gabroico, subofítica, ligeramente amigdaloides. Compuesta por plagioclasas cálcicas alteradas fuertemente a agregados arcilloso cloríticos = aproximadamente 30%; piroxeno - clinopiroxeno augítico alterado a un agregado serpentínico = aproximadamente 60%; amígdalas rellenas por clorita con frecuentes núcleos de carbonato = 8%; opacos = 2%.

De la región del Valle Alto del río Sinú se analizaron las muestras C-86-377, C-86-378A y C-86-385A, y se obtuvo el siguiente resultado:

Arenitas líticas de grano fino a grueso; angular a subredondeado; pobremente seleccionadas, con desarrollo de pseudomatrix por deformación de líticas arcillosos; baja a nula porosidad y permeabilidad; localmente cemento calcáreo o arcilloso (hasta 25%). Compuestas por: cuarzo = 17-53%; chert = 7-11%; lutitas arcillosas = 5-8%; plagioclasa = 5-7%; agregados cloríticos de origen volcánico = 1-4%; volcánicos andesíticos cloritizados = 1-3%; opacos (magnetita, leucoxeno, materia carbonosa, circón) = 1-3%; otros volcánicos = 2%; clorita = trazas a 5%; epidota = 2%; biotita = 1%; filitas - esquistos cuarzo micáceos = 1%; trazas de: cuarcita, moscovita y glauconita.

4.2.1.6 Paleontología y edad

De la cantera San Carlos, al norte del área estudiada, la muestra P-86-127A presentó un alto contenido de radiolarios, y se encontró un espécimen de *Guembelina* sp, lo cual sugiere una edad cretácica. La muestra P-86-132B presentó *Dictyomitia*, lo que indica una edad cretácica tardía. De seis muestras provenientes de la región del Valle Alto del río Sinú, bioestratígrafos de la firma consultora Micropaleo Consultants Inc, (1986) encontraron que cuatro de ellas contienen radiolarios, las dos restantes contienen escasos remanentes de foraminíferos silicificados, y se logró la siguiente determinación:

C86-366A, datada del Cretácico tardío (posiblemente Campaniano-Maastrichtiano, pero cuestionable) por la presencia del espécimen *Heterohelix*.

C-86-366B, datada del Cretácico tardío (posiblemente Campaniano, lo más tardío, a Maastrichtiano) por la presencia de los especímenes *Globotuncanella havanensis* y *Globotruncana fornicata*.

C-86-367, datada del Cretácico tardío (Campaniano, posiblemente Campaniano tardío) por la presencia de la Zona *Amphipyndax tylotus*.

C-86-369B, datada posiblemente Cretácico, posiblemente Campaniano, por la presencia de pocos especímenes de radiolarios.

C-86-379, datada del Cretácico tardío (Campaniano) por la presencia de la Zona de *Amphipyndax pseudoconulus* y *A. tylotus*.

C-86-384, datada del Cretácico tardío (Campaniano temprano), por la presencia de la Zona *Amphipyndax pseudoconolulus*.

De lo anteriormente anotado se concluye que los chert que definen la unidad Ksc, son del Cretácico Superior.

4.2.1.7 Ambiente sedimentario y facies

La geometría, la textura de las rocas y la presencia de radiolarios y foraminíferos pequeños y silicificados, sugiere un depósito tranquilo en profundidades marinas que incluyen posiblemente un medio nerítico medio a batial. Localmente, la presencia de *Pecten* sugiere el carácter nerítico, de alguna parte de la unidad, en tanto que en algunos sectores se manifiesta una actividad ígnea básica que afecta la sedimentación. Las rocas siliciclásticas (arenitas y *shales*) dispuestas en secuencias rítmicas al sureste de la zona de estudio, caracterizan depósitos de turbiditas estrechamente asociadas a los chert ya mencionados.

En opinión de Micropaleo Consultants, Inc. (1986) el alto porcentaje de especies planctónicas/bentónicas sugiere un ámbito de mar abierto.

4.2.1.8 Correlación

La unidad estratigráfica Ksc se podría correlacionar con parte de la Formación San Cayetano Inferior de Chenevart (1963) y Duque-Caro (1973), o con la Formación Cansona de Haffer & Beattie (1960).

4.2.2 Unidad litoestratigráfica Pgsc – Formación San Cayetano

4.2.2.1 Distribución de afloramientos y sección tipo

La Formación San Cayetano (Pgsc) se ha reconocido al norte de un sector de la carretera Lorica - Chinú y al este de la cadena montañosa de Cispatá (planchas 43 y 51).

Debido a la complejidad estructural del área, manifiesta por el intenso plegamiento y fallamiento, no se puede definir una sección tipo de esta unidad. Se reconocieron sus principales características en la travesa de San Antero - Loma Grande - Loma Limón - Santa Rosa o en el recorrido El Tributo - Hacienda Santa Cruz - Alto Florida.

4.2.2.2 Observaciones de campo y litología

La unidad Pgsc está constituida por secuencias rítmicas de arenitas finogranulares y lutitas o por secuencias de arenitas conglomeráticas a ligeramente conglomeráticas en capas gruesas a muy gruesas de aspecto macizo, que varían tanto lateral como verticalmente a capas delgadas a muy gruesas de arenitas y lutitas, en típicas secuencias granodecrecientes (Fotografía 7).

Las arenitas conglomeráticas a ligeramente conglomeráticas son de color gris amarillento claro en roca fresca, a pardo amarillento en muestra meteorizada; de grano mediano a muy grueso y guijos, angulares a subredondeados. Compuestas por: cuarzo, fragmentos de sedimentitas predominantes sobre fragmentos de vulcanitas y metamorfitas, con abundantes micas e intraclastos de lutitas verdosas; localmente se hallaron fragmentos de carbón y restos de materia orgánica carbonosa.

Las arenitas presentes son de color amarillo grisáceo a amarillo pardo, de grano fino a mediano predominante sobre grueso; subangular a subredondeado, de composición similar a la descrita para las arenitas conglomeráticas, y se destaca la disposición de abundante mica en superficies de estratificación.

Las lutitas son de color verde oliva grisáceo a gris medio o negro, y desarrolla frecuentemente laminación horizontal y presenta localmente abundantes restos vegetales o láminas carbonosas.

En algunos sectores se identificaron capas de carbón bituminoso, en otros se observaron concreciones calcáreas en los materiales lutíticos y arenitas calcáreas finogranulares.

A la base de capas de arenitas conglomeráticas o ligeramente conglomeráticas se desarrollan superficies de limado, superficies acanaladas y calcos de carga.



Fotografía 7

En sectores la Unidad de San Cayetano (Pgsc) presenta grandes cuerpos lenticulares y de apariencia acanalada compuestos por arenitas ligeramente conglomerática, que truncan las secuencias rítmicas en capas delgadas de arenitas y/o limolitas, interestratificadas con lutitas carbonosas. Observación efectuada en la margen izquierda de la carretera que conduce a Coveñas y a la salida de la localidad de San Antero.

Algunas intercalaciones de capas delgadas a medianas de arenitas y lutitas ocurren de manera rítmica y a menudo presentan ondulitas, marcas de corriente, bioturbación y laminación horizontal. Además de esto, se observó estratificación gradada normal e inversa, derrumbamiento y estratificación ondulosa lenticular. Un hecho notable es la presencia de olistostromas arenosos que se interponen en las secuencias rítmicas.

Se ha denominado **Subunidad Inferior**, a aquella porción de la secuencia observada donde se presentan arenitas conglomeráticas a arenitas en un porcentaje aproximado del 60% a 70% y lutitas en un 30% a 40%. Ocurren preferencialmente en la porción media inferior.

La **Subunidad Superior** se caracteriza por presentar predominantemente arenitas finogranulares en un porcentaje aproximado de 40% a 50%, en tanto que las lutitas se presentan en un 50% a 60%. Generalmente ocurre en la porción media superior de la unidad estratigráfica Pgsc, y se dispone en algunos núcleos de estructuras sinclinales.

4.2.2.3 Espesor

Se desconoce su espesor real, pero se estima que pueda alcanzar por lo menos 800 m.

4.2.2.4 Contactos

No se observaron los contactos inferior y superior de esta unidad. Se determinó que hacia el oeste se encuentra en relación fallada con sedimentitas del Cinturón del Sinú, y que entre las subunidades Inferior y Superior existe una aparente concordancia.

4.2.2.5 Petrografía

Se analizaron en sección delgada las muestras L-86-65, L86-529, L-86-567B, L-86-575, L-86-580, L86-609A, de las cuales la primera se obtuvo en una zona dómica (Plancha 51). Tal determinación es la siguiente:

Arenitas a arenitas conglomeráticas líticas (micáceas a arcillosas), de grano muy fino a muy grueso, con gránulos y otros guijos; subangulares predominantes sobre angulares y subredondeados; virtualmente nula porosidad, pero localmente alcanza 18%; nula permeabilidad, localmente alta; cemento arcilloso = 8-10% (localmente hasta 18%); pseudomatriz por deformación de líticos arcillosos. Compuestas por: cuarzo = 38% - 48%; fragmentos de lodolitas = 3% - 9% (localmente hasta 34%); plagioclasa = 2% - 7%; volcánicos ácidos = 2-6%; volcánicos ácidos = 2-6%; volcánicos básicos = 1-9%; moscovita = 1-7% biotita = 0-6%; esquistos - filitas = 0-5%; microclina = 0-3%; clorita = 0-3%; agregados sericíticos = 0-2%; chert = 1-10%; opacos = 1-2% (hematita, leucoxeno, magnetita); materia carbonosa vegetal = 0-2%; arenita cuarzosa = 0-2%; circón = 0-1%; turmalina = 0-1%; epidota = 0-1%; granitoides = 0-1%; trazas: de granate, glauconita.

4.2.2.6 Paleontología y edad

Las muestras L-86-308, L-86-309, L-86-573A, L-86-607 suministraron una fauna de foraminíferos arenosos, acompañada por *Spiroplectammina trinitatensis* y, localmente, escasos radiolarios, que caracterizan el intervalo Paleoceno - Eoceno inferior. La muestra L-86-310 procedente de una zona tectonizada presenta *Acarinina* sp, *Clavigerinella* sp y radiolarios, datada del Eoceno medio. De lo anteriormente anotado, se concluye que la Formación San Cayetano (Pgsc) se depositó en el Paleógeno muy posiblemente en el Paleoceno - Eoceno temprano.

4.2.2.7 Ambiente sedimentario y facies

Los rasgos particulares de la unidad estratigráfica Pgsc como son: estratificación rítmica, gradada, derrumbamiento, superficies de erosión y acanalamiento, cambios laterales y verticales de facies, geometría ondulosa lenticular, composición litológica, entre otros, sugiere un depósito en un medio tectónicamente inestable donde ocurren corrientes torrentosas y persistente turbidez.

Las secuencias que poseen arenitas guijosas y lutitas (Subunidad Inferior) probablemente se acumularon en áreas de conos superiores acanalados, con depósitos de complejos sistemas de canales, cuyo régimen de flujo era alto y depósitos de inundación en áreas intercaladas, respectivamente.

Las secuencias de granulometría más fina (Subunidad Superior) se sedimentaron en las porciones denominadas de conos externos donde se generan las turbiditas distales, mientras que aquellas secuencias rítmicas de arenitas finogranulares y lutitas con ondulitas y bioturbación caracterizan depósitos en ámbitos más tranquilos.

Si se compara la petrografía de las arenitas presentes en las unidades Ksc y Pgsc, se observa que existe bastante similitud entre ambas, lo cual podría sugerir un área fuente común.

4.2.2.8 Correlación

La unidad estratigráfica Pgsc se correlaciona con parte de la Formación San Cayetano de la Gulf Oil of Colombia; y con la parte superior de la Formación San Cayetano de Duque-Caro (1973).

4.2.3 Unidad litoestratigráfica Pgch – Formación Chalán

4.2.3.1 Distribución de afloramientos y sección tipo

Se reconoce la presencia de la Formación Chalán (Pgch) en las localidades de Chalán y Toluviejo. Cáceres & De Porta (1972), al notar los rápidos cambios litofaciales de esta unidad, seleccionaron localidades tipo o de referencia en los siguientes sitios:

Arroyo Ojo de Agua en el Anticlinal de Chalán.

Arroyo Sol en el flanco este del Anticlinal de Tolu Viejo, en los cerros de Coraza.

La Trituradora, en el flanco oeste del Anticlinal de Tolu Viejo, entre el rancho La China y el arroyo Pechelín.

1 km al norte de Tolu Viejo sobre las colinas de Tolu Viejo.

Secciones parciales de la parte inferior de la unidad se reconocen en el cerro Grande al este de Momil, Colinas Popó - Las Ruinas y Sabaneta (Plancha 51). De la parte superior se identificaron afloramientos en las localidades de Petrona, Mangal y El Paraíso (Plancha 43, no incluida en este trabajo) y colina Los Chivos (Plancha 51).

4.2.3.2 Observaciones de campo y litología

Esta unidad consiste esencialmente de sedimentitas calcáreas, y se expresa cartográficamente como una unidad dura fácilmente distinguible (Fotografía 8).

De base a tope se compone de lutitas grises intercaladas con cuerpos lenticulares de calizas arenosas y margas que constituyen el miembro inferior de la formación. Un paso gradual de lutitas y margas a calizas macizas de considerable espesor y estructura interna ondulada constituye el miembro superior de la Formación Tolu Viejo. Las calizas son blancas a amarillo grisáceas, muy ricas en fósiles, principalmente algas y microfósiles, menos abundantes, equinodermos y corales. Al techo, la unidad presenta niveles de areniscas calcáreas ligeramente conglomeráticas con restos de algas (Fotografía 9).



Fotografía 8

Bloques de arenitas conglomeráticas cuarzosas y ligeramente fosilíferas que contienen algas y macroforaminíferos datadas del Eoceno tardío. Corresponden a una "faja de transición petrográfica" entre calizas fosilíferas de la Formación Chalán y arenitas conglomeráticas cuarzosas a la base de la Formación El Floral, también presentes en esta localidad. Observación efectuada en proximidades a la casa de la Hacienda Popó.



Fotografía 9

Aspecto un poco detallado de las arenitas conglomeráticas y ligeramente fosilíferas al tope de la Formación Chalán en proximidades de la Hacienda Popó.

4.2.3.3 Espesor

El espesor parcial determinado a partir de las secciones estratigráficas en la cantera Tolcemento y arroyo Columbita es de unos 180 m. Sin embargo, el espesor estimado podría superar los 200 metros.

La unidad en Sabaneta puede alcanzar unos 100 m y en los cerros de Momil, por lo menos, 200 m. De la parte inferior se conoce la información de los mineros de la cantera de El Paraíso, quienes afirman que perforaron unos 40m de la caliza antes de encontrar unas capas arenosas; se calcula que rocas pertenecientes a este segmento alcancen unos 80 m de espesor en la cantera de Petrona y lomas de Mangal.

4.2.3.4 Contactos

El contacto inferior es neto y discordante, manifiesto por el marcado contraste litológico de la Formación San Cayetano (infrayacente). El contacto superior parece ser discordante en algunos sitios, pero se requiere de información de campo adicional para poder precisarlo.

4.2.3.5 Petrografía

La muestra J-11 colectada en la cantera Montoya, 600 m al sur de Toluviéjo, arrojó el siguiente resultado:

Calizas micríticas amarillo grisáceas, con microforaminíferos y remanentes de algas. Terrígenos de cuarzo y chert tamaño gránulo (5-10%).

4.2.3.6 Paleontología y edad

La presencia de macroforaminíferos (orbitoides) y de algunas especies asimilables a la zona de *Bulimina jacksonensis* permiten ubicar a esta unidad como un depósito del Eoceno medio a superior.

4.2.3.7 Ambiente sedimentario y facies

La asociación de sedimentos calcáreos y terrígenos, su contenido paleontológico y disposición estratigráfica sugieren un depósito en un ambiente marino somero, que conforma, en sectores, depósitos propios de arrecifes.

4.2.3.8 Correlación

La Formación Chalán es el equivalente de las series de Toluviéjo de Werenfels (1926, en De Porta, 1974), o de las Calizas de Toluviéjo de INGEOMINAS (1994). Al igual que puede correlacionarse con la parte superior de la denominada Formación de San Jacinto de Chenevart (1963).

4.2.4 Unidad litoestratigráfica Pgf - Formación El Floral

4.2.4.1 Distribución de afloramientos y sección tipo

La Formación El Floral (Pgf) aflora en las planchas 37, 44, 51 y 71. La sección tipo se localiza por la carretera que de Tolu Viejo conduce a Sincelejo, sobre el flanco este del Anticlinal de Tolu Viejo. Una sección que parece corresponder a la parte inferior de esta unidad se levantó en la cantera La Arena (Plancha 52, no incluida en este trabajo).

4.2.4.2 Observaciones de campo y litología

La Formación El Floral consiste de una sucesión de arcillolitas y lodolitas pardo rojizo muy claro (10R5/4) con moteados gris verdoso claro. Hacia la base se presentan intercalaciones de areniscas de grano fino, gris amarillentas, cuarzosas y regularmente friables que parecen correlacionar con las encontradas en la cantera La Arena al este de Tuchín (Fotografía 10).

En la fracción arenosa de tamaño más grueso se presentan intraclastos de lutitas inmediatamente encima de superficies que denotan acanalamiento (Fotografía 11) incipiente, gradación granulométrica y geometría ondulosa lenticular que varía a cercanamente tabular.

En la fracción de arenitas de tamaño fino a mediano se reconocen marcas de corrientes; gradación normal, estratificación cruzada en artesa de gran magnitud, localmente se advierte estratificación cruzada festoneada (Fotografía 12) y estratificación horizontal. La bioturbación es abundante en algunas superficies de estratificación (Fotografía 13).

4.2.4.3 Espesor

El espesor promedio de la unidad es de 150 m, aunque de la sección arenosa inferior se midieron 45 m en la cantera La Arena.

4.2.4.4 Contactos

La Formación El Floral suprayace en aparente discordancia, ya sea niveles de calizas fosilíferas o de areniscas calcáreas de la Formación Chalán. El contacto superior también es discordante y se indica por la primera aparición de areniscas de la Formación El Cerrito.

4.2.4.5 Petrografía

No se efectuaron estudios petrográficos de esta unidad.

4.2.4.6 Paleontología y edad

La edad de la Formación El Floral es considerada por muchos autores como Oligoceno. Duque-Caro (1968) fue el primero en colocar estos sedimentos en el Oligoceno superior -

Mioceno inferior, pero estudios posteriores de compañías petroleras permitieron precisar que la unidad se acumuló desde el Eoceno más tardío hasta el Oligoceno tardío.

4.2.4.7 Ambiente sedimentario y facies

Las características litofaciales de esta unidad permiten interpretar un ambiente de sedimentación marino somero.

4.2.4.8 Correlación

Se correlaciona esta unidad con la denominada Formación El Carmen de Duque-Caro (1973). Parece corresponder con la Formación Maralú en el área del Sinú. La parte arenosa inferior parece correlacionable con la Formación San Jacinto (Haffer, 1963) en el área de San Jacinto y con las areniscas de Manantial en el área del Sinú.

4.2.5 Unidad litoestratigráfica Ngc - Formación El Cerrito

4.2.5.1 Distribución de afloramientos y sección tipo

La Formación El Cerrito (Ngc) se presenta en la serranía de San Jerónimo entre las localidades de El Cerrito y Ovejas. Por su carácter geomorfológico se destaca formando pendientes estructurales en cercanías a Palmira y Caracol. La sección tipo de la unidad fue definida por Cáceres & De Porta (1972) a lo largo de un sector de la carretera que de Palmira conduce a Sincelejo.

4.2.5.2 Observaciones de campo y litología

La parte inferior consiste de una alternancia de lutitas grisáceas y areniscas finogranulares amarillentas con presencia de fragmentos de *Pecten* sp, *Arca* sp, *Natica* sp y numerosos relictos de *Ostrea* sp.

La parte media se compone de arcillolitas gris claras intercaladas con capas medianas de areniscas de grano fino, con cemento calcáreo, lumaquélidas.



Fotografía 10

Aspecto general del afloramiento de la posible secuencia inferior de la Formación El Floral en la cantera "La Arena".



Fotografía 11

El acanalamiento es uno de los rasgos sedimentarios más notorios de la secuencia que constituye el aparente segmento inferior arenoso de la Formación El Floral.



Fotografía 12

La disposición de juegos de estratificación cruzada en artesa de mediana a gran escala, que se entrecorta, conforma en conjunto una estratificación festoneada, visible en un sector del afloramiento de la cantera "La Arena".



Fotografía 13

En algunas superficies de estratificación de las arenitas se manifiesta una intensa bioturbación, como la mostrada por esta fotografía tomada en la cantera "La Arena".

La parte superior de la unidad se caracteriza por el predominio de arcillolitas grises y verdes, localmente varicoloreadas e intercalaciones de areniscas de aspecto macizo y algunos niveles de turba. Al techo de este segmento se presentan areniscas de grano medio a grueso, en sectores conglomeráticas, que presentan estratificación cruzada y relictos de madera silicificada.

4.2.5.3 Espesor

El espesor medido en la sección tipo es de 356 m.

4.2.5.4 Contactos

Los contactos inferior y superior son discordantes.

4.2.5.5 Petrografía

No se efectuaron análisis petrográficos de esta unidad.

4.2.5.6 Paleontología y edad

Se han reconocido varios especímenes de lamelibranquios y gasterópodos marinos y fueron identificados, entre otros, *Turitella* y *Pyramidella*. Aunque no existen fósiles diagnósticos de la edad de la unidad, se cree que la Formación El Cerrito puede corresponder del Mioceno mediano al Mioceno superior.

4.2.5.7 Ambiente sedimentario y facies

Por las características litofaciales se sugiere un ambiente marino somero a transicional y posibles áreas de depósito continental.

4.2.5.8 Correlación

Duque-Caro (1968) correlaciona La Formación El Cerrito con el segmento de moluscos de la sección de Carmen - Zambrano. Se puede correlacionar con el segmento inferior de la Formación El Cerrito (INGEOMINAS, 1994) o con la agrupación de las formaciones Rancho, Mandatú y Jesús del Monte en el sentido de INGEOMINAS (1994) en el sector norte del Anticlinorio de San Jacinto.

4.2.6 Unidad litoestratigráfica Ngd - Formación El Descanso

4.2.6.1 Distribución de afloramientos y sección tipo

El nombre de la Formación El Descanso proviene del caserío El Descanso al norte de Sincelejo. La localidad tipo se localiza en un trecho de la carretera Sincelejo - Toluviejo.

4.2.6.2 Observaciones de campo y litología

Constituida por secuencias de arenitas medias a gruesas que varían a conglomerados arenosos. Es notoria la presencia de un nivel lutítico en la porción media de la unidad. Los materiales más gruesos desarrollan superficies de erosión y acanalamiento.

4.2.6.3 Espesor

Desconocido.

4.2.6.4 Contactos

Tanto el contacto inferior como el superior son discordantes.

4.2.6.5 Petrografía

No se dispone de información petrográfica.

4.2.6.6 Paleontología y edad

Stirton (1953, en Cáceres & De Porta, 1972), en sierra Peñata, cita la presencia de *Gyarabus royo* en la parte inferior de la formación, lo que parece corresponder al Mioceno tardío - Plioceno temprano.

4.2.6.7 Ambiente sedimentario y facies

Un ambiente de depósito continental predominante, se sugiere para esta unidad.

4.2.6.8 Correlación

Algunos geólogos piensan que pueda ser equivalente de la Formación El Piñal. Podría así mismo corresponder con la Formación Zambrano en el Anticlinorio de San Jacinto, sector norte según la denominación propuesta por IGEOMINAS (1994).

4.2.7 Unidad litoestratigráfica Ngm -Formación Morroa

4.2.7.1 Distribución de afloramientos y sección tipo

El nombre de la Formación Morroa proviene del caserío de Morroa, al NW de Corozal. Se desconoce su sección tipo.

4.2.7.2 Observaciones de campo y litología

Constituida por una alternancia de areniscas amarillas a gris claras de grano medio a guijo y lutitas pardas, grises o moteadas, y con ocasionales fragmentos de yeso.

4.2.7.3 Espesor

El espesor calculado es de unos 200 m.

4.2.7.4 Contactos

Los contactos inferior y superior son discordantes.

4.2.7.5 Petrografía

No existe información petrográfica de esta unidad.

4.2.7.6 Paleontología y edad

No existe información bioestratigráfica que permita datar esta unidad. Por posición estratigráfica se le considera de edad pliocena y de conformidad con comparación regional podría ubicarse en el Plioceno superior - Pleistoceno inferior.

4.2.7.7 Ambiente sedimentario y facies

Por su carácter litológico, parece corresponder a depósitos continentales.

4.2.7.8 Correlación

Parece corresponder a la parte superior de la Formación El Piñal, o la agrupación de las denominadas formaciones Sincelejo y Betulia *sensu* INGEOMINAS (1994).

4.3 UNIDADES LITOSTRATIGRÁFICAS DEL CINTURÓN DEL SINÚ (ÁREA CARTOGRAFIADA)

4.3.1 Unidad litoestratigráfica 1 (Pgc) - Chert de Candelaria

4.3.1.1 Distribución de afloramientos y sección tipo

La Unidad 1 Chert de Candelaria (Pgc) aparece de forma irregular en algunas localidades de la zona estudiada, generalmente en asocio de zonas de intenso fracturamiento, plegamiento y fallamiento, asociadas a estructuras dómicas, por lo tanto, no posee sección tipo (Fotografía 14).

Los principales sitios donde rocas pertenecientes a esta unidad se observaron son: cantera al sur de Campano de Los Indios (Plancha 51); cantera de Candelaria (Plancha 50); cantera de Santa Rosa de Chiquero (Plancha 50); estructuras dómicas de Tragedia, Villa Esther y Las Flores (Plancha 50); estructura dómica de Morindó - Santo Domingo (Plancha 60).

Además de esto, se puede indicar que en la cantera Nueva Holanda (Plancha 50) y en la zona dómica de El Cucharal (Plancha 60), se detectó que los materiales de la Unidad 1 (Pgc) se "contaminan" o varían a algunos de los denominados en este estudio como Unidad estratigráfica 2, o secuencia pre-Manantial (Pgr).

4.3.1.2 Observaciones de campo y litología

Constituida esencialmente por porcelanitas que varían a limolitas y arcillolitas silíceas, las cuales en varios sitios se encuentran interestratificadas con lutitas.

Las rocas silíceas son de color blanco amarillento y desarrollan pátinas de oxidación amarillo rojizo; se disponen en capas delgadas a gruesas de aspecto macizo; presentan fragmentos o formas brechoides de chert gris, negro, pardo, verde, rojo, blanco (Fotografía 15).

En algunos sitios, estas litologías poseen baja densidad y en su composición se advierten fragmentos de vidrio volcánico, por lo que se ha considerado como una mezcla de material tobáceo - silíceo con sedimentos pelágicos (Fotografía 16).

Las lutitas son de tono azulado a color gris verdoso claro; de fractura nodular; localmente muestran laminación plana paralela, se disponen en láminas a capas medianas.



Fotografía 14

Cantera situada a 1.5 km al sur de Campano de los Indios. Sedimentitas de chert a porcelanita, brechiadas y milonitizadas. La composición de estos sedimentos silíceos revela la presencia de abundantes radiolarios.

4.3.1.3 Espesor

Por la naturaleza del afloramiento, no se conoce su espesor, se estima que puede alcanzar varias decenas de metros, puesto que en la cantera de Candelaria posee alrededor de 50 m y en la de Santa Rosa aproximadamente unos 30 m.

4.3.1.4 Contactos inferior y superior

No se observó ninguno de los contactos; en el carretable que conduce del Aserradero a Santa Rosa (Plancha 43) se encuentran contiguas, rocas de las unidades estratigráficas 1 y 2 (Pgc y Pgr), no se ha observado el tipo y el carácter del contacto; en la cantera Nueva Holanda (Plancha 50) aparece en posible contacto estratigráfico con rocas similares a las que se describen más adelante como pertenecientes a la Unidad 3 (Pgm).

4.3.1.5 Petrografía (anexo petrográfico)

El análisis en secciones delgadas de las muestras L-86-568A y L- 86-568C resume lo siguiente:



Fotografía 15

Disposición de las porcelanitas de la Unidad 1 (Pgc) en la cantera situada en inmediaciones de Santa Rosa del Chiquero. Obsérvese como el plegamiento de las capas da la sensación de un acanalamiento de parte de la secuencia en mención.



Fotografía 16

Cantera de las Delicias. Sedimentitas compuestas por interposición de chert rico en radiolarios y porcelanitas tobáceas que gradan a radiolaritas. Nótese la intensidad del fracturamiento que se asocia a cabalgamiento presente en esta localidad.

Porcelanita a lodolita fosilífera (silíceas), de textura homogénea a clástica de sílice opalina a criptocristalina, con abundantes esferulitos de calcedonia como reemplazos o rellenos de microorganismos (radiolarios). Varían a arcillolitas silíceas con buen desarrollo de láminas que presentan superficies oxidadas. La porosidad y permeabilidad son nulas.

La muestra 392 refiere: **chert** compuesto por radiolarios (radiolarita) - Anexo Petrográfico (Lámina 1, microfotografía 1).

Adicionalmente se observaron al microscopio las muestras 379B, 444E y 444F (Anexo Petrográfico).

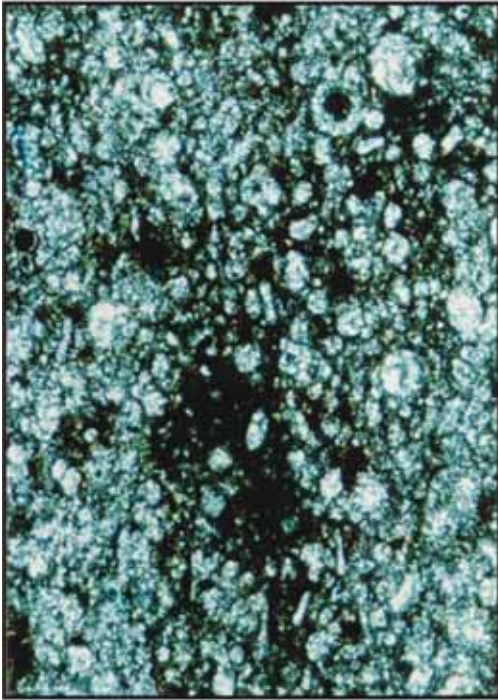
4.3.1.6 Paleontología y edad

Las muestras analizadas micropaleontológicamente mostraron un contenido importante de radiolarios, generalmente mal preservados, en pocos casos mezclados con algunos foraminíferos, y se reconoció la zona de *Podocyrthis ampla* que caracteriza al Eoceno medio (D-85-379). Dataciones de las muestras L-86-300, L-86-625 y L-86-631 basadas en nannoplankton suministran edades del Eoceno temprano al Eoceno medio.

La muestra L-86-3261, debido a la presencia de fragmentos de *Clavigerinella* sp, se le asigna una edad posible del Eoceno medio al Eoceno tardío (probable Eoceno tardío), en tanto que la muestra D-86-501A de la misma localidad también es datada del Eoceno medio al Eoceno tardío.

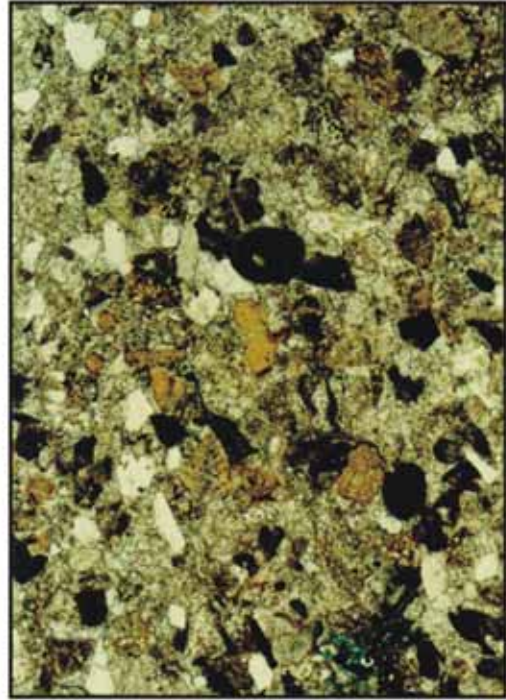
La presencia de *Globorotalia* sp. de tamaño pequeño, además de otros especímenes de foraminíferos, es el criterio utilizado por un consultor nacional para establecer que la muestra L-86-316A corresponde al límite Eoceno tardío -Oligoceno temprano; en la misma localidad y en materiales lutíticos similares, la muestra D-85-444B presentó especímenes de *Subbotina* sp. , *Acarinina* sp, *Acarininina* cf, *bullbroki*, *cibicidoides* sp, y fue datada del Eoceno temprano al Eoceno medio, por un consultor extranjero.

LAMINA 1



Microfotografía 1

392: Chert compuesto por radiolarios. Magnificación 40 veces, nicoles cruzados.



Microfotografía 2

394C: Esta caliza limosa contiene abundantes fósiles marinos de aguas someras, e incluye foraminíferos bentónicos, planctónicos y algas calcáreas (granos oscuros). Los granos amarillos corresponden a material fosfático y parece que sean debidos a fragmentos de conchas quitinosas. Aumento 40 veces.

Las muestras L-86-315C, L-86-330, L-86-365A, L-86-365B y L-86-377A fueron datadas indistintamente por un consultor nacional, ya sea desde el Cretácico tardío al Eoceno medio las cinco primeras o del Oligoceno al Mioceno tardío las restantes. Por lo tanto, esta información carece de un análisis paleontológico serio y, por esto, tales dataciones no pueden tener un valor cronoestratigráfico aceptable.

En resumen, la Unidad 1 posiblemente corresponde del Eoceno inferior al Eoceno superior, y es más probable que abarque del Eoceno inferior alto al Eoceno medio.

4.3.1.7 Ambiente sedimentario y facies

El contenido micropaleontológico, la textura y la disposición de los materiales constituyentes de la Unidad estratigráfica 1, sugieren que ésta se acumuló en un ámbito relativamente quieto, de profundidades batiales a neríticas externas, con aporte de cenizas volcánicas silíceas suministradas por vulcanismo regional. Tal ambiente rico en sílice pudo haber sido un hábitat favorable para ciertos organismos como los radiolarios.

4.3.1.8 Correlación

Existe la posibilidad de correlación con los Chert de Aguas Blancas denominados por Haffer (1963) en la región del Alto Sinú -Alto San Jorge, no encontrados en la sucesión cartografiada del Cinturón de San Jacinto.

4.3.2 Unidad litoestratigráfica 2 (Pgr) -Unidad Pre-Manantial (La Risa)

4.3.2.1 Distribución de afloramientos y sección tipo

La Unidad Pre-Manantial (La Risa) (Pgr) aflora en un sector de la Plancha 51 donde se reconocen relaciones aparentemente estratiformes entre sus componentes, mientras que en los demás sitios se observan porciones inconexas de rocas que por sus características litológicas, paleontológicas y de edad, permiten establecer una subdivisión en subunidades 2a y 2b. Se ha interpretado que el carácter anómalo de presentación de la unidad sea debido a diapirismo; no se ha determinado ninguna sección tipo.

De la Subunidad 2a se encuentran rocas en las zonas dómicas de Cucharal y La Alcancía (Plancha 60).

De la Subunidad 2b se han reconocido rocas en cercanías de la cantera Nueva Holanda (Plancha 50), sector de la finca El Piñal, quebrada Manantial y hacienda Flojera (Plancha 51); zona de Cucharal -cantera Aguaviva (Plancha 60), cantera de Morindó - Santo Domingo (Plancha 60).

4.3.2.2 Observaciones de campo y litología

Subunidad 2a: constituida por una secuencia predominante de margas (75% -85% de la subunidad) que se intercalan con calizas, localmente arenosas o conglomeráticas (10-20%) y lutitas (5%). Las margas son arcillosas a limosas, de color gris amarillento a amarillo claro, se presentan en capas delgadas a muy gruesas, donde frecuentemente se observan en las superficies de estratificación moteados por bioturbación, formas indeterminadas de icnofósiles o madrigueras tubiformes. En la composición, además del lodo calcáreo, se destacan los foraminíferos y algunas valvas esparitizadas.

Las calizas son de tipo bioesparítico, con abundantes fragmentos de fósiles, algunos bien conservados, bastantes compactas, en capas delgadas a gruesas de contactos gradacionales o netos ondulados, en sectores muy bioturbadas, o con ostreas, equinodermos y remanentes de algas. Donde las calizas son conglomeráticas, se debe a la presencia de cuarzo lechoso y chert negro de tamaño guijo.

Las lutitas son de color gris verdoso o gris amarillento y se presentan en láminas gruesas a capas delgadas.



Fotografía 17

Pequeños afloramientos aislados de calizas oncolíticas se presentan varios metros por debajo de la base de la arenisca de Manantial. Afloramiento situado unos 150 metros al suroeste de la Finca Manantial.



Fotografía 18

Interesante afloramiento de Thalassinoides constituidos por micrita a limolitas calcáreas. El alto empaquetamiento de estas formas donde son visibles los conductos y cámaras de habitación hace que formen el armazón de la roca. Observación efectuada en la cantera Barbasal, cerca a Bongamella.

Subunidad 2b: constituida casi que totalmente por calizas blancas, gris amarillenta a gris oliva, de estratificación maciza, muy compactas, de nula porosidad y permeabilidad (localmente baja porosidad por fractura o disolución), compuestas principalmente por fósiles y fragmentos fósiles de algas (biolitos y oncolitos), que en sectores conforman *packstone* algáceo (Fotografía 17), macroforaminíferos (nummulites, orbitoides), foraminíferos, ostreas y equinodermos en posición de vida, corales solitarios y hermatípicos, briozoos y restos fosfáticos, localmente con una gran abundancia de *Thalassinoides* (Fotografía 18), que presentan cámaras de habitación y conductos hasta de 20 y 10 cm de diámetro, respectivamente. Varían de manera gradual tanto vertical como horizontal a calizas terrígenas, arenitas calcáreas fosilíferas y arenitas escasamente fosilíferas tal como se ha observado en la mayoría de las localidades donde aparece asociada a rocas de la Unidad 3 (Pgm).

4.3.2.3 Espesor

Se desconocen los espesores reales de las subunidades que conforman la Unidad estratigráfica 2.

4.3.2.4 Contactos

Excepto de las relaciones falladas de alguna parte de las subunidades 2a y 2b en contacto con las sedimentitas presentes en cercanías a la localidad de Campano de Los Indios (Unidad 6, Falla de Tragedia), no se conoció otro sitio donde la base y el techo de la Unidad Estratigráfica 2 se observara con unidades aledañas.

4.3.2.5 Petrografía

Subunidad 2a: las muestras L-86-172, L-86-436A, L-86-486 y L-86-360A presentan el siguiente análisis petrográfico:

Biomicroritas a microritas fosilíferas con una matriz de microrita a lodo calcáreo = 60-90%; foraminíferos = 10-38%; conductos de bioturbación, espículas, terrígenos de cuarzo y chert, materia carbonosa, piritita y peloides arcilloso = hasta 2%.

Las muestras de rocas calizas (L-86-590 y L-86-611) dentro de las margas arrojaron los siguientes resultados:

Bioesparita a bioesparita micrítica, con un armazón esquelético de fragmentos fósiles (foraminíferos, algas, macroforaminíferos, pellets fosfáticos, valvas indeterminadas) = 50-70%; cemento -matriz calcárea = 25-48%; cuarzo, chert, volcánicos ácidos, cuarcita micácea y cataclástica, glauconita, esquistos cuarzomicaáceos, plagioclasa, moscovita y biotita.

La muestra 394C (Anexo petrográfico, Lámina 1, microfotografía 2) refiere:

Micrita foraminífera algácea. Abundantes algas y foraminíferos, matriz micrítica; 2-5% de clastos cuarzo limosos con trazas de moscovita y feldespato.

Otras muestras como la 397E y 422B pertenecientes a esta unidad pueden consultarse en el anexo petrográfico.

Subunidad 2b: para la determinación petrográfica se tomaron las muestras L-86-152, L-86-570, L-86-579A y L-86-610, y se obtuvo:

Bioesparita mal seleccionada a bioclastita arcillosa compuesta por fósiles y fragmentos de fósiles (macroforaminíferos, algas, microforaminíferos, valvas indeterminadas, peloides fosfáticos y restos óseos, espículas de equinodermos) = 65-95%; cemento -matriz calcárea, localmente arcillosa = 3-30%; cuarzo, chert, glauconita, hematita = 2-5%.

Se detectó una gradación en los elementos composicionales entre las unidades 2 (predominantemente la Subunidad 2b) y 3, y se estableció "fajas de gradación", de las cuales las muestras L-86-71, L-86-160, L-86-302, L-86-320B, L-86-572 y L-86-616B representan la porción de rocas calcáreas donde los terrígenos ocurren en porcentaje entre el 7 y 40%, y se obtuvo la siguiente determinación:

Bioesparita arenosa a esparita fosilífera terrígena, compuesta por fósiles de fragmentos de fósiles (macroforaminíferos, restos algáceos, microforaminíferos, crinoideos, valvas de calcita fibrosa, placas y espículas de equinodermos, restos óseos fosfáticos) = 40-77% ; terrígenos de tamaño grueso a fino (cuarzo policristalino predominante, esquistos cuarzo moscovíticos, neises, cuarcita, plagioclasa, calcedonia, filitas, biotita, moscovita, opacos, clorita, chert, volcánicos, lutitas, microclina) = 7 -40%, además de glauconita = 0-5%. Baja a nula porosidad y permeabilidad, cemento calcáreo = aproximadamente 20%.

La muestra 391 (Anexo petrográfico, Lámina 2, microfotografía 1) presenta:

Caliza de foraminíferos. Abundantes foraminíferos planctónicos en una matriz de lodo muy fino.

Descripciones de rocas pertenecientes a esta unidad se encuentran en el anexo petrográfico (Muestras 353, 397B, 397D).

4.3.2.6 Paleontología y edad

Subunidad 2a: por nannoplankton se establecieron las siguientes edades:

L-86-611 = Paleoceno tardío a Eoceno medio

D-85-303 = Eoceno medio a Eoceno tardío

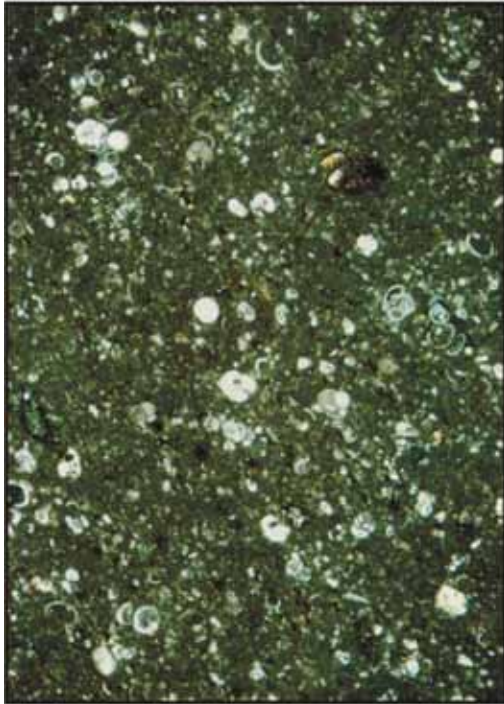
L-86-630A = Eoceno medio a Eoceno tardío

Un análisis para foraminíferos dio el siguiente resultado:

L-86-482 = Eoceno medio a Eoceno tardío, con base en *Claviquerinella* sp., *Acarinina* sp., *Globiogerina* cf. *linaperta*.

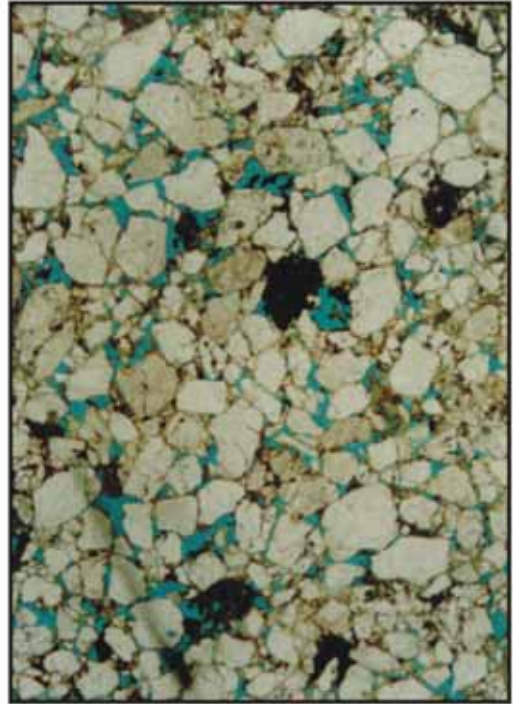
De lo anterior se concluye que la Subunidad 2a se depositó probablemente del Eoceno medio al Eoceno tardío.

LAMINA 2



Microfotografía 1

391: Marga a lutita ligeramente calcárea con presencia de foraminíferos planctónicos. Aumento 20 veces.



Microfotografía 2

432C: Muestra que presenta mejor calibrado y granos menos angulares que la muestra 432A.

Subunidad 2b: las muestras L-86-523B, L-86-523C, L-86-589, L-86-579B, L-86-620, L-86-630B, con base en la presencia de *Nummulites* sp. , pellets de glauconita o fosfatos, otros microforaminíferos, localmente *Acarinina* cf. *pentacamerata* y *Cibicidoides* sp. fueron datadas como correspondientes al Eoceno tardío.

Las muestras L-86-586B y L-86-601 con base en la zona de *Bulimina jacksonensis*, dieron una edad del Eoceno tardío.

La muestra L-86-610 fue datada como del Eoceno temprano al Eoceno medio por nannoplankton.

De acuerdo con esto, la más probable edad de la Subunidad 2b es Eoceno medio a tardío.

4.3.2.7 Ambiente sedimentario y facies

Los rasgos arriba mencionados permiten inferir el desarrollo de un depósito en un ámbito de plataforma lodosa calcárea, donde la energía del medio era muy baja lo que permitió precipitación química y la actividad orgánica, posiblemente en la zona externa de un arrecife (Subunidad 2a). Las condiciones de clima, luz y alimento eran suficientemente buenas para el desarrollo de abundante flora y fauna en un ambiente de plataforma muy somera donde se generó un cinturón arrecifal o *reef belt* o una barra de llanura arrecifal (*barrier reef flats*) Subunidad 2b.

De acuerdo con información disponible es posible deducir que la Unidad Estratigráfica 2 refleja una facies principalmente calcárea desarrollada probablemente en el Eoceno medio tardío y alguna de sus subunidades constituyentes pudo corresponder a un litosoma, y manifestar una interdigitación con facies silíceas (Unidad 1). La Subunidad 2b cambia de facies tanto horizontal como verticalmente y de manera gradual a la Unidad 3.

4.3.2.8 Correlación

La Unidad Estratigráfica 2 puede corresponder a la denominada Formación de La Risa (Oppenheim, 1957); Calizas de Toluvejo y Sabaneta de Duque-Caro (1968) o a la Formación Chalán de Cáceres & De Porta (1972).

4.3.3 Unidad litoestratigráfica 3 (Pgm) -Unidad Manantial

4.3.3.1 Distribución de afloramientos y sección tipo

La Unidad Manantial (Pgm) se dispone, aparentemente, estratiforme y forma un cordoncillo de cierto resalte geomorfológico, a partir de Rabo Pelado (Plancha 50, Anexo 1, Fig. 1) hasta su finalización en cercanías de la localidad de Pareja (Plancha 51, Anexo 1, Fig. 2) en el flanco oeste de Sinclinal de El Polvero (Fotografía 19).

Se presenta formando parte de estructuras dómicas, a manera de cordoncillos (Fotografía 20) o grandes bloques alóctonos, como en la parte superior de la cuchilla La Alcancía (Plancha 60, Anexo 1, Fig. 4) o en la quebrada El Guineo, aledaña a la cuchilla La Alcancía (Fotografía 21) o en el sitio de Piernas Lindas, al norte de Buenos Aires y oeste de la cantera Nueva Holanda (Plancha 50) y casi siempre asociada a niveles de calizas algáceas y de macroforaminíferos (Subunidad 2b) o de margas (Subunidad 2a). Aparece también formando parte de brechas polimícticas en el cordón montañoso de Cispatá (planchas 43 y 51), estructura dómica de El Cerrito, cercana a la localidad de San Antero (Plancha 43) (fotografías 1 y 2), así como en un tramo de la quebrada Las Peleas (Plancha 50).

En vista de su carácter petrográfico distintivo sobre la gran mayoría de las otras litologías presentes en el área de estudio, de su aspecto macizo y ubicación estratigráfica, constituye

una unidad fácilmente reconocible y un marcador regional importante. Inicialmente se designó un sector de la quebrada Manantial y de la localidad de Manantial Abajo (Plancha 51) como sección tipo de la parte conglomerática y arenosa, respectivamente (fotografías 22 y 23).

Otras localidades donde pueden observarse algunas características de esta unidad son: Montecillo de Si te Gusta, lomas de Selva Negra (Plancha 50) y sectores cercanos a la cantera Nueva Holanda.

Haffer (1963) menciona la presencia de una excelente sección en la quebrada Tolová, al sureste de Montería, un sitio bastante distante del área estudiada, el cual no fue visitado durante el desarrollo de este proyecto.

En la parte superior de lo que Haffer denomina Formación Chengue, con una posible edad eocena temprana a media, ocurren unos 200 m de arenitas y arenitas conglomeráticas calcáreas, compuestas principalmente por cuarzo y chert. Como Haffer no encontró un equivalente estratigráfico de estas sedimentitas arenosas, a excepción de una posible comparación con las arenitas conglomeráticas presentes en la desembocadura del río Esmeraldas en el Alto Sinú, él las nombró como las Arenitas de Tolová.

Debido a que la descripción litológica señalada por Haffer (1963) para las Arenitas de Tolová tiene algún parecido a la aquí descrita para las Arenitas de Manantial (Unidad 3), se propone que se adelanten trabajos posteriores donde se establezca la posibilidad de equivalencia entre tales unidades.

4.3.3.2 Observaciones de campo y litología

La Unidad Estratigráfica 3 está constituida por una secuencia granodecreciente que a la base presenta un paquete muy macizo de arenitas conglomeráticas a localmente conglomerados arenosos que varían tanto lateralmente como verticalmente: a capas medianas a muy gruesas, predominantemente macizas, de arenitas ligeramente conglomeráticas y arenitas a capas delgadas a gruesas de arenitas y lutitas al techo.



Fotografía 19

La forma dómica de colinas que se alinean NE-SW, presentes de Rabo Pelado hasta Pareja, es claramente observable en esta estructura dómica con materiales constituyentes que pertenecen a la Unidad 3 la cual es atravesada por un sector de la carretera que de Palo de Agua conduce a El Manguito, en cercanías a la Hacienda Flojera.



Fotografía 20

Vista hacia el norte del montículo resistente de Manantial, aproximadamente 1 km al este de la Finca de la Comandancia.



Fotografía 21

Grandes bloques alóctonos pertenecientes a las areniscas de la Unidad 3 (Arenisca de Manantial), se encuentran en un sector de la quebrada El Guineo, aledaña a la cuchilla La Alcancía, localidad ésta donde también se manifiestan de manera espectacular.



Fotografía 22

Quebrada Manantial. Localidad tipo de la arenisca de Manantial. Nótese el carácter macizo de las arenitas aflorantes.

La porción inferior más gruesa consiste de: guijos de hasta 5 cm de diámetro observado, en una matriz de arena mediana a muy gruesa y gránulos, generalmente de armazón pobremente organizado; clastos redondeados a subangulares; .pobre a moderada porosidad (2-20%) y nula a localmente alta permeabilidad; en sectores se presenta material caolinítico que disminuye la porosidad. La composición es esencialmente de cuarzo lechoso y hialino, también fragmentos de cuarcitas, chert negro y pocos fragmentos de esquistos, volcanitas, plagioclasa, micas no orientadas, granitoides y otros, aunque sectorialmente disminuye el cuarzo y aumentan los otros constituyentes.

Las arenitas son de grano mediano a grueso en la porción media y de grano fino a mediano en la porción superior de la unidad, donde ya presentan un buen calibrado y micas en superficies de estratificación. La porosidad intergranular alcanza localmente un 20%, aunque en promedio sea del orden del 2-6%; la permeabilidad también es irregular, en sectores es bastante alta y en otros es nula; el cemento es pobre a moderado (silíceo, calcáreo, ferruginoso); un material caolinítico constituye localmente la matriz y alcanza hasta un 10%. De composición similar a la fracción conglomerática, es notorio observar sectores eminentemente cuarzosos y otros donde éste decrece y aparecen constituyentes líticos.

El color de los conglomerados arenosos y arenitas es anaranjado grisáceo (10 YR7/4) a amarillo oscuro (5Y 6/4) en muestra meteorizada; en muestra fresca es anaranjado muy claro (10 YR8/2) a gris amarillento (5G Y 7/2).

Las lutitas se presentan en capas delgadas a gruesas, blandas, de color gris amarillento (5 Y 8/1) a verde amarillento grisáceo (5G Y 7/2).

En algunas superficies de estratificación se presenta abundante bioturbación (por lo menos el 70% de la superficie observada), madrigueras de formas tubulares, oblicuas a la estratificación; (*Thalassinoides* ?) y otras similares a *Ophiomorpha* ? (Fotografía 24). Un hecho relevante para todos los materiales que conforman la Unidad 3, es el de presentarse un fracturamiento que en el corte normal a los planos de estratificación originan rupturas oblicuas o en forma de X, lo cual podría aumentar la permeabilidad de estas rocas (Fotografía 23).

4.3.3.3 Espesor

En la quebrada Manantial, la porción conglomerática medida alcanza 16 m, mientras que en la localidad de Manantial Arriba se midieron 45 m de la porción arenosa aflorante; en el sector de Manantial Abajo se observaron por lo menos 107 m de esta secuencia; en el sector de Si te Gusta se midieron aproximadamente 90 m de una secuencia correspondiente a esta unidad. En el lecho de la quebrada El Guineo aparece la mayor cantidad de bloques al azar vistos de esta unidad y en la cima de la cuchilla de La Alcancía se estima que puede tener más de 200 m de espesor, a pesar del carácter cóncavo de la zona.



Fotografía 23

En la mayor parte de las observaciones efectuadas con respecto a la Unidad 3, se determinó un fracturamiento predominante en forma de "X", como el que se aprecia en esta fotografía tomada en un montículo entre la localidad de Manantial Abajo y la quebrada Manantial.



Fotografía 24

Bioturbación abundante al techo de areniscas correspondientes a la Unidad de Manantial, cerca de la finca La Comandancia.

4.3.3.4 Contactos

En el sector de la quebrada Manantial - Manantial Abajo el contacto inferior parece que, por lo menos, sea inconforme sobre las lutitas infrayacentes, aunque localmente pueda advertirse contacto de falla o "zona de eyección diapírica ?", manifestado ya sea por intenso fracturamiento, distorsión, contacto con rocas de diferentes edades o por la sumatoria de las características ya mencionadas (el aspecto y la forma caótica de algunos bloques de calizas algáceas y de macroforaminíferos y arenitas conglomeráticas propias de la secuencia en mención), además de otros rasgos geomorfológicos que caracterizan gran parte de este sector, como son: lomas discontinuas de formas redondeadas que conservan un rumbo NE - SW paralelo al trazo de la falla de Tragedia. Por aparecer cubierta la zona donde culmina el escarpe que identifica la parte superior de la secuencia estratigráfica de la Unidad 3, el contacto con unidades suprayacentes es desconocido en el sector de Manantial. En los demás sitios, rocas pertenecientes a la Unidad Estratigráfica 3 ocurren anómalamente en estructuras dómicas y en estrecha asociación de margas (Subunidad 2a), y localmente con una facies mixta silíceo calcárea (unidades 1 y 2). No se observó una relación entre la Subunidad 4a, más moderna, y la Unidad 3.

4.3.3.5 Petrografía

En su mayor parte (80% -90%), la Unidad 3 consiste de arenitas a conglomerados arenosos de cuarzo (muestras L-86- 317B, L-86-434A, L-86-500, L-86-585, L-86-595B, L-86-608 y L- 86-609B) que varían o se encuentran interestratificadas con arenitas a conglomerados arenosos sublíticos (muestras L-86-68, L-86-72 y L-86-321).

El primer grupo de arenitas se describe como:

Arenitas a conglomerados arenosos de cuarzo, de grano muy fino a guijarros; algunas bimodales; granos redondeados a subangulares predominantes; porosidad intergranular = 2-6%, localmente hasta 15%; cemento silíceo a ferruginoso = 7-10%, localmente hasta 19%; escasa matriz caolinítica; permeabilidad ausente. Compuesta por: cuarzo = 74-88%, chert hasta 4%; cuarcita = 1-3%; microclina = 0-1%; plagioclasa = 0-1%; lutita carbonosa = 0-1%; moscovita = 0-1%; volcánicos ácidos = 0- 1%; opacos (hematita, leucoxeno, magnetita) = 0-1%; trazas de: glauconita, biotita, clorita, calcedonia, turmalina, granitoide, esquistos -filitas, circón.

El segundo grupo de arenitas consiste de:

Arenita a conglomerado arenoso sublítico, de grano muy fino a grueso y guijos, subangular > subredondeado > redondeado; porosidad intragranular = 6-10%, localmente hasta 28%; en sectores cemento calcáreo, ferruginoso = 12-18%; baja permeabilidad, localmente muy alta. Compuesta por: cuarzo = 57-62%; cuarcita = 1-7%, localmente 26%; fragmentos de lutitas = hasta 3%; volcánicos = 0-2%; chert = 0-1%; moscovita = 0-1%, glauconita = 0-1% (localmente 5%); filitas - esquistos = 0-1%; granitoides = 0-1%; clorita = 0-1%; biotita = 0-1%; trazas de: opacos (materia carbonosa, leucoxeno, pirita, turmalina).

La composición de las arenitas de la Unidad 3 refleja en algunas partes (aproximadamente 10% a 20%) elementos constituyentes típicos y posiblemente derivados de las unidades 1 y 2. Micas, fragmentos volcánicos, porcelanita y chert, son posiblemente productos erosivos a partir de estas unidades.

En partes, la presencia de idéntico material bioclástico similarmente preservado en las unidades 2 y 3 puede indicar un ámbito de depósito común más que de carácter erosivo.

Ejemplos de estas arenitas son las muestras L-86-174, L-86- 320A, L-86-320C, L-86-343, L-86-349A, L-86-349B y L-86- 586C, las cuales al examinarlas en sección delgada muestran:

Arenitas a conglomerados arenosos cuarzosos a líticos, de grano fino a muy grueso y guijos, cemento (arcilloso, calcáreo y ferruginoso) = 1-17%; permeabilidad y porosidad predominantemente pobre. Las rocas se componen de: cuarzo = 25-70%, fósiles y fragmentos de fósiles (macroforaminíferos, microforaminíferos, valvas, algas micríticas, pellets o restos amorfos de tipo fosfático) = 2-25%; fragmentos de lodolita arcillosa = 1-9%; chert = 2-10%; glauconita = 2-6%; agregados volcánicos cloritizados = 0-8%; plagioclasa = 0-4%; hematita = 0-2%; moscovita = 1-2% (localmente hasta 10%); cuarcita = 2-3%; y trazas de: feldespato potásico, minerales opacos, filita, turmalina y microclina.

Dos tipos de arenitas colectadas en localidades diferentes, probablemente pertenecen a la Unidad 3, aunque muestran alguna variación composicional. La primera de éstas (L-86-186) fue tomada en una estructura dómica (quebrada Las Peleas), y presenta el siguiente análisis petrográfico:

Conglomerado lítico de guijarros y guijos, y una matriz de arena mediana a gruesa, granos redondeados, nula porosidad y permeabilidad; cemento ausente o localmente calcáreo (35%). Compuesto por: cuarcitas = 20%; cuarcitas cataclásticas con granulación = 15%; neises de cuarzo -microclina - moscovita (granitoides) = 15%; matriz arenosa de cuarzo = 13%, feldespato potásico = 1%; opacos (agregados de óxido de hierro) = 1%.

La muestra L-86-378, tomada en la cantera Barbasal, cerca de Bongamella, se presenta como:

Arenita glauconítica arcillosa, de grano fino a mediano; con porosidad y permeabilidad ausentes; cemento arcilloso = 5%. Compuesto por: glauconita = 47%; cuarzo = 28%; fragmentos de lodolitas arcillosas = 15%; plagioclasa = 2%; moscovita = 1%; chert = 1%; opacos = 1% (óxidos de hierro).

La muestra 395 refiere:

Arenisca de cuarzo, muy pobre calibrado; limo hasta 5 mm; casi completamente cuarzo; granos grandes que tienden a ser policristalinos (venas o metacuarcitas); diversos granos que incluyen escamas de mica en disposición paralela (foliación). Porosidad variable;

considerable cantidad de arcilla detrítica (impregnaciones de hierro); localmente primaria intergranular arriba del 15-20%.

La muestra 432C (Lamina 2, Microfotografía 2) muestra:

Cuarzoarenita. Igual mineralogía a la muestra No. 432B, no presenta laminación; presenta calibrado, sin embargo, éste es pobre debido al tamaño de grano cercano a 1,5 mm. Porosidad 20-25%, intergranular limpia.

La muestra 422A (Lámina 3, Microfotografía 1) presenta:

Arenisca conglomerática, muy pobre calibrado, limo hasta 3 mm; principalmente subredondeados en tamaño arena; arcilla intersticial y óxidos de hierro (hematita + limonita) probablemente escamas de biotita muy alteradas. Porosidad variable, localmente limpia hasta 10-15%; otras zonas ocluidas por material oxidado.

En la muestra 431 C (Lamina 3, microfotografía 2) se muestra:

Arenisca conglomerática oxidada. Pobre calibrado, limo hasta 2 mm; chert abundante; granos grandes generalmente redondeados con material fino subangular a subredondeado. Porosidad 2-5%.

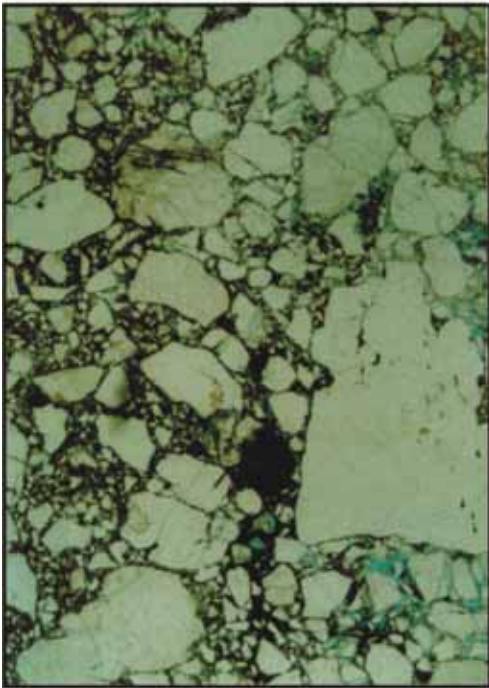
La muestra 432A (Lamina 4, microfotografía 1) refiere:

Cuarzoarenita. Regular calibrado; principalmente 0,4 – 1,2 mm; subangular a subredondeado; clastos de lutitas y máficos oxidados, probablemente biotita. Porosidad 20-25%, generalmente limpia; buen reservorio potencial.

La muestra 445B establece:

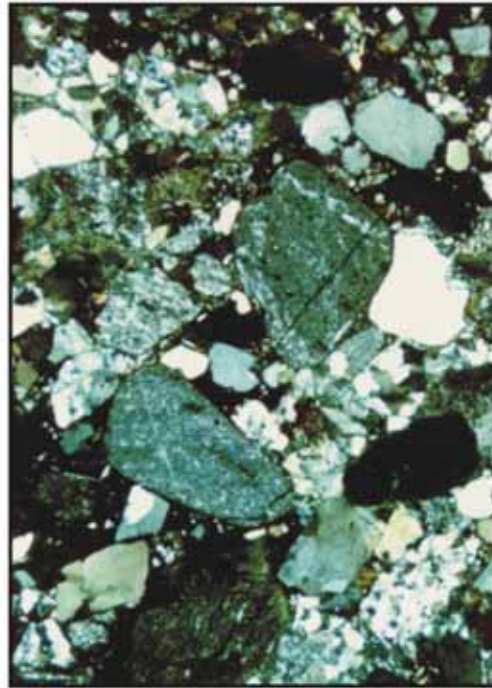
Arenisca con cemento calcáreo. Regular a buen calibrado en arena de tamaño fino, principalmente 0,05 - 0,30 mm; abundantes clastos grandes de lodo/*shale* aproximadamente de 0,7 mm; comúnmente foraminíferos planctónicos completos y fracturados.

LAMINA 3



Microfotografía 1

422A: Los constituyentes esenciales de esta arenisca pobremente seleccionada son cuarcos policristalinos y óxidos de hierro (negro). Magnificación 20 veces.



Microfotografía 2

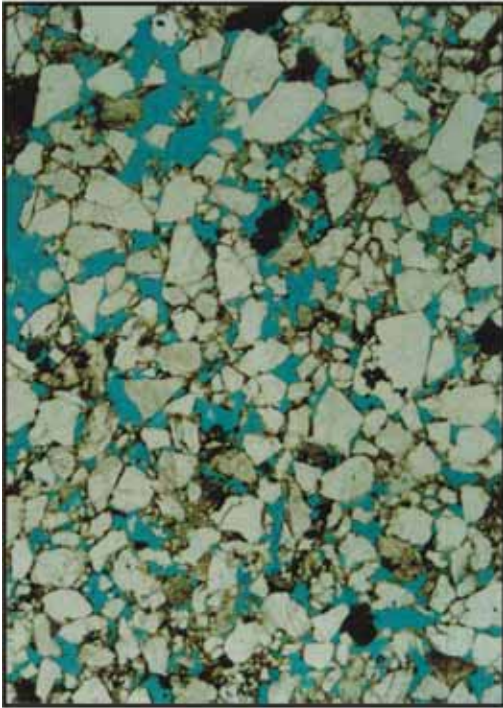
431C: Esta arenisca contiene una concentración anormalmente grande de granos de chert en comparación con otras areniscas observadas. Proviene de una estructura diapírica. Ampliación 20 veces, nicoles cruzados.

Otras muestras provenientes de la Unidad 3 son: 378, 393, 395, 425, 426A, 426B, 426C, 431A, 432B, 432D, 437, 439B, 445B, 446A y 446B (anexo petrográfico).

4.3.3.6 Paleontología y edad

No se encontró microfósiles dentro de las rocas donde se efectuaron secciones estratigráficas. Sin embargo, en rocas con características gradacionales entre la Subunidad 2b y la Unidad 3 debido a la presencia de la zona de *Bulimina jacksonensis*, además de pellets fosfáticos y glauconíticos (muestras L-86- 586B-C), son datadas del Eoceno tardío. La muestra L-86-70, colectada en la parte media inferior de la Unidad 3 en la sección de la quebrada Manantial, presentó un espécimen de alga denominada *Thyrtthodvscus vanderhammeni*, el cual, según bioestratígrafos nacionales, ocurre entre el Eoceno y el Oligoceno.

LAMINA 4



Microfotografía 1

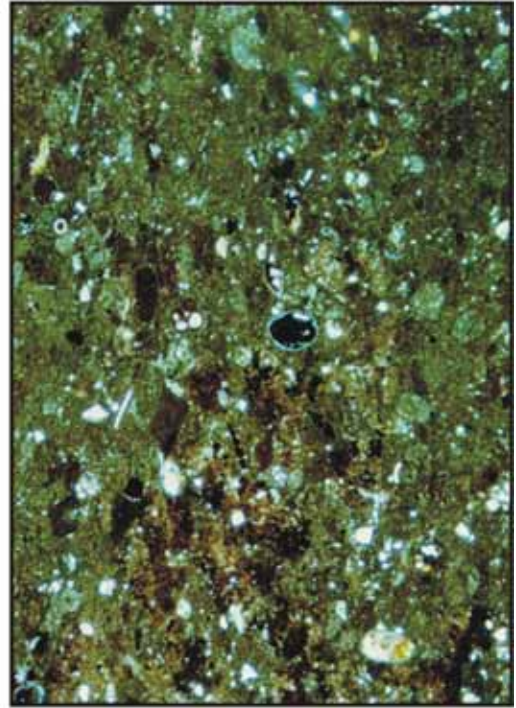
432A: Esta arenisca presenta mejor calibrado que la 422A, por lo tanto su calidad como roca reservorio es buena. Se observa la porosidad (azul) cercana al 20%. Magnificación 20 veces.

En cercanías a la cantera Nueva Holanda y a la finca Piernas Lindas (muestras L-86-320A-B-C), ocurren rocas "mixtas", cuyos constituyentes principales son cuarzo (Unidad 3) y bioclastos (Unidad 2), además de presentarse en la cantera misma una interestratificación de cuarzoarenitas de la Unidad 3 con porcelanitas margosas o margas silíceas (típicas de las unidades 1 y 2), que contienen una fauna abundante de radiolarios y fragmentos de *Clavgerinella* y se le asigna una edad eocena tardía? (muestra L-86-326) o eocena media a tardía (muestra D-85-501 A).

En la región de Manantial, lutitas aparentemente infrayacentes a la Unidad 3, las cuales serán analizadas cuando se describa la Unidad 4, presentan un contenido paleontológico de edad muy variable, que incluye:

- a) Oligoceno tardío a Mioceno temprano (L-86-67; D-85-427A, B; D-85-428B; D-85-429 y D-85-430).
- b) Eoceno tardío a Oligoceno tardío (L-86-492).
- c) Paleoceno a Eoceno medio (L-86-490).

En un sector de la quebrada Resbalosa (Plancha 80), Kents (1945) y Haffer & Beattie (1959) determinaron la presencia de unas arenitas cuarcíticas interestratificadas con



Microfotografía 2

344: Lutita con abundantes foraminíferos planctónicos y diferente grado de bioturbación. Aumento 40 veces, nicoles cruzados.

arcillolitas que contienen una fauna de foraminíferos de edad eocena tardía. Según Kents (1945), las arenitas gradan hacia el techo a una secuencia potente de arcillolitas datadas del Oligoceno temprano.

Las arenitas cuarcíticas de la quebrada Resbalosa son interpretadas por Haffer & Beattie (1959) como pertenecientes al miembro basal del denominado ciclo Maralú y corresponden al núcleo del anticlinal o estructura Resbalosa. En 1963, Haffer denominó a estas cuarzoarenitas como el equivalente de la Formación San Jacinto, y menciona de nuevo su ocurrencia (Haffer, 1963, pág.16).

Geólogos contratados por Colexcon en 1985, con el objeto de efectuar un trabajo para Gulf Oil Co., levantaron una secuencia estratigráfica en la quebrada Resbalosa, pero la representación del mapa geológico y de la columna estratigráfica muestra inconsistencias y errores que no permiten establecer realmente la disposición estratigráfica. Sin embargo, la escasa información litológica existente de este trabajo, así como las dataciones paleontológicas y los datos estructurales permiten suponer que aproximadamente al este de la estación R-26 del mencionado trabajo se presenta una secuencia de arenitas y arenitas conglomeráticas con estratificación cruzada, con un contenido de clastos de madera y materia carbonosa, que a la base es datada como perteneciente del Mioceno temprano a medio (muestra R-26) debido a la presencia de nanofósiles calcáreos obtenidos en lutitas negras; probablemente tal sucesión corresponde a la Subunidad 5a (Unidad Pavo).

Estas arenitas son infrayacidas en este sitio por una secuencia potente de lutitas negras, micáceas, que se intercalan con margas, calizas micríticas y areniscas de grano fino, de carácter bituminoso y que presentan un fuerte olor a hidrocarburos. Esta secuencia fue datada como del Oligoceno (muestras R-62, R-65 y R-72).

En el núcleo del Anticlinal de Resbalosa (aproximadamente, estaciones R-49 a R-64), solamente la descripción de las estaciones R-49 y R-52 refieren la presencia de unos 250 m de areniscas conglomeráticas, las cuales parecen gradar hacia el tope a una secuencia de intercalaciones de lutitas y areniscas. Sin una base paleontológica, Colexcon interpretó esta unidad como perteneciente a la denominada Formación Pavo, pero en el presente trabajo se considera que estos clásticos gruesos pueden ser equivalentes a las sedimentitas descritas por Haffer & Beattie (1959) como correspondientes a la secuencia siliciclástica del Eoceno superior Oligoceno inferior.

La observación microscópica de muestras colectadas en el área de Resbalosa muestra una composición y carácter facial muy similar a las observadas en el área de la quebrada Manantial.

Las muestras de areniscas H-86-322a, H-86-322b y H-86-382 consisten predominantemente de cuarzo, abundante glauconita y cantidades menores de mica. Las muestras H-86-321 y H-86-323, en estrecha relación con las primeras descritas, además de la presencia de glauconita, reportan la presencia de *Globigerina galavisi*, *Globorotalia opima* y especímenes pobremente preservados correspondientes a la zona de *Bulimina*

jacksonensis. La edad de esta fauna corresponde al Eoceno tardío -Oligoceno temprano y es típica de la parte superior de la Formación San Jacinto.

En conclusión, aunque las relaciones estratigráficas de las sedimentitas mencionadas en el núcleo de la quebrada Resbalosa hoy son incompletas, las facies arenosas que identifican a la Unidad Manantial (Unidad 3) y que fueron estudiadas en detalle en el norte del área cartografiada parecen corresponder a las presentes en el núcleo del Anticlinal de Resbalosa al sur del área cartografiada.

4.3.3.7 Ambiente sedimentario y facies

Con base en las características faciales descritas se sugiere que la Unidad 3 representa el depósito cercano a una línea de costa que parece haberse iniciado en el Eoceno medio - tardío con una posible transgresión que progresó hacia el este en el Oligoceno temprano.

Un modelo de cinta de facies puede establecerse si se consideran depósitos de carbonatos con influencia arrecifal (Subunidad 2b), y de la línea de costa (Unidad 3) acaecidos en el Eoceno medio - tardío.

4.3.3.8 Correlación

De Porta (1974: 12), en la descripción de la Formación Chalán, refiere que calizas con algas pasan lateralmente a unas areniscas de 65 m de espesor; esto quiere decir que se podría establecer una comparación entre la Unidad Estratigráfica 3 y la porción arenosa mencionada.

Más exactamente, la secuencia Manantial o Unidad 3 es correlacionable con la Formación San Jacinto *sensu* Haffer (1963).

De acuerdo con las características mencionadas por otros autores, para diversas unidades denominadas como Formación Pintura, Formación Pavo, Formación Ciénaga de Oro, no es posible correlacionar a la Unidad Estratigráfica 3 (Unidad Manantial) con éstas, puesto que tales unidades presentan litofacies y edades diferentes.

4.3.4 Unidad Litoestratigráfica 4 (Pgma) -Unidad Post- Manantial o Formación Maralú

4.3.4.1 Distribución de afloramiento y sección tipo

La Unidad Post-Manantial o Formación Maralú (Pgma) se ha identificado por su litología y su datación paleontológica, más que por su disposición como secuencia continua en las zonas donde aflora esta litofacies. A su vez, el carácter litológico ha permitido diferenciar la unidad en las subunidades 4a y 4b.

Rocas pertenecientes a la Subunidad 4a se han reconocido en las zonas con rasgos dómicos de Guaymaro (Plancha 51), El Porvenir -El Manguito (Plancha 50), Buenaventura (Plancha 50), río Cedro (Plancha 50).

Rocas procedentes a las cercanías de la quebrada Manantial (Plancha 51), de la zona dómica del cerro de Gas (Plancha 50), alrededores de Santander de La Cruz (Plancha 80) suministraron información acerca de la Subunidad 4b.

El único sitio donde rocas de la Unidad 4 aparecen seguramente estratificadas es en la quebrada Resbalosa y se aclara que los datos que se tienen de ella son parciales y corresponden a parte de la información colectada por Colexcon en el trabajo realizado en 1985. En conclusión, no se determinó ninguna sección tipo de esta unidad.

4.3.4.2 Observaciones de campo y litología

Subunidad 4a: se han reconocido predominantemente margas de color blanco a blanco amarillento, generalmente blandas por meteorización con abundantes foraminíferos. Localmente se intercalan capas delgadas de arenitas líticas de grano muy fino a fino, de color pardo claro a amarillo.

Las margas presentan un aspecto macizo, no se observan planos de estratificación ni ningún otro rasgo sedimentario.

Subunidad 4b: lutitas de color gris claro a blanco amarillento con tintes amarillo pardo, en muestras meteorizadas; gris medio a gris verdoso claro en muestras frescas. De aspecto blando, localmente son ligeramente limosas o carbonosas, presentan fractura nodular o irregular y contienen fauna de microforaminíferos.

En el sector de la quebrada Resbalosa parecen variar a margas e interestratificarse con capas muy gruesas de micritas, nodulares, grisáceas, o constituir secuencias rítmicas junto a arenitas líticas de grano fino, micáceas, que localmente presentan fuerte olor a hidrocarburos.

4.3.4.3 Espesor

Ninguna información se tiene del espesor de las subunidades 4a y 4b. Se supone que la Unidad 4, en el sector de la quebrada Resbalosa, alcance algunos centenares de metros.

4.3.4.4 Contactos

No se observó en ningún sitio el contacto inferior ni superior de la Unidad 4; la Subunidad 4b aparece en relación fallada con las arenitas conglomeráticas de la Unidad 3 en el sector de la quebrada Manantial.

4.3.4.5 Petrografía

De la Subunidad 4a, la muestra L-86-166, al analizarse en sección delgada, muestra:

Biomicrita compuesta por lodo calcáreo = 83%; foraminíferos = 16%; cuarzo, chert, caolinita y material carbonoso = 1%.

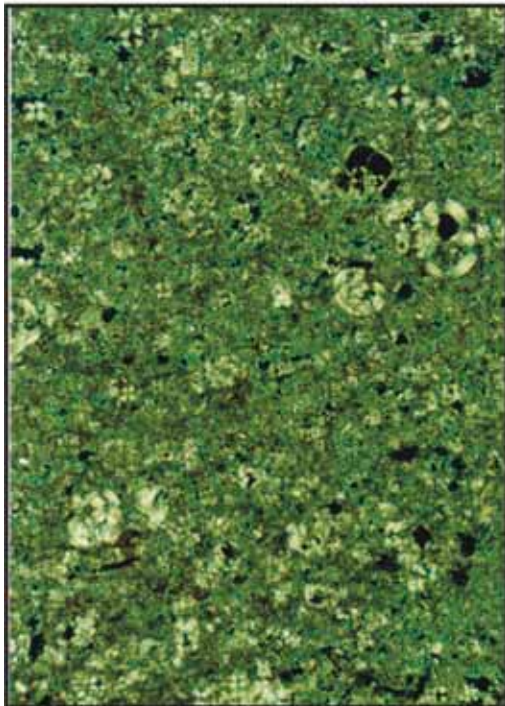
La muestra 344 (Anexo Petrográfico, Lámina 4, microfotografía 2) refiere:

Shale limoso. Numerosos foraminíferos, con alta bioturbación y con óxidos de hierro.

En el anexo petrográfico puede consultarse el análisis de las muestras 423, 424 y 442.

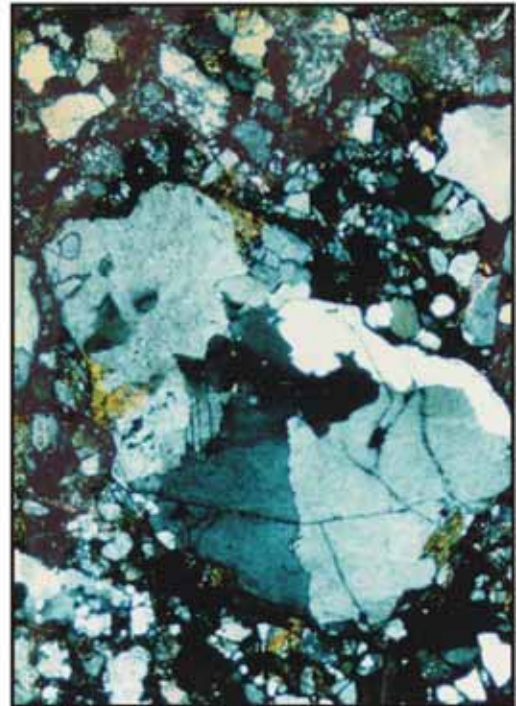
De la Subunidad 4b se observó en la muestra 341 (Anexo Petrográfico, Lámina 5, microfotografía 1): Caliza de foraminíferos (*Globigerinoides*). Más cristalina que la muestra 303; virtualmente no contiene limo o arcilla.

LAMINA 5



Microfotografía 1

341: Caliza de globigerinoides. Aumento 40 veces, nicols cruzados.



Microfotografía 2

451B: Roca que presenta cuarzo, plagioclasa y minerales máficos (posiblemente anfíbol o biotita). Por su apariencia y composición esta cuarzoarenita tendría una génesis a partir de una fuente plutónica-metamórfica. Magnificación 40 veces, nicols cruzados.

La muestra 303 también refiere observaciones petrográficas de la subunidad 4b (anexo petrográfico).

4.3.4.6 Paleontología y edad

Subunidad 4a: la presencia de *Globigerina galavisi*, en la mayoría de los casos asociada a *Globigerinita dissimilis*, *Globigerina tripartita*, *Globigerina turritilina* en las muestras L-86-242, L-86-423, L-86-336A, L-86-336B y L-86-358 han permitido asignarle una edad Oligoceno, probablemente hasta el Eoceno tardío.

La muestra L-86-359, con base en la zona de *Globigerinita stainforthi* ha sido datada del Mioceno temprano, en tanto que las muestras L-86-364 con base en la zona de *Globorotalia opima* y L-86-377B en la zona de *Globorotalia opima opima* son datadas como pertenecientes al Oligoceno.

Las muestras D-85-339, D-85-340, D-85-352, D-85-455, D-85-456A y D0-85-456B, con base en el análisis de foraminíferos y nannoplankton, dieron edades que van desde el Eoceno tardío al Mioceno temprano y son más frecuentes las que corresponden al Oligoceno.

De acuerdo con esto, posiblemente la subunidad 4a se depositó entre el Eoceno tardío y el Mioceno temprano y es más probable su ocurrencia en el Oligoceno.

Subunidad 4b: la zona de *Globorotalia opima opima a ciproensis* (N2-N3) presente en la muestra L-86-67 es datada del Oligoceno tardío; en la muestra L-86-342 se reconoció la zona de *Globorotalia opima opima* del Oligoceno; en tanto que la muestra L-86-492, con base en la asociación de *Globigerinita dissimilis*, *Globigerina tripartita*, *Globigerina tapuriensis*, *Oridorsalis Ecuadorensis* y *Uvigerina Gallowayi*, es datada del Eoceno tardío al Oligoceno temprano.

Las muestras D-85-429 y D-85-430, con base en foraminíferos y nannoplankton, se les asigna una edad del Oligoceno tardío. Las muestras D-85-325, D-85-427A, D-85-427B y D-85-428B fueron datadas del Oligoceno tardío al Mioceno temprano.

De las muestras colectadas en la quebrada Resbalosa, R-62 fue datada del Oligoceno temprano a medio mientras que las muestras R-65 y R-72 corresponden al Oligoceno tardío.

Por consiguiente, se deduce que la Subunidad 4b posiblemente se depositó desde el Eoceno superior hasta el Mioceno inferior, siendo más probable su ocurrencia en el Oligoceno.

4.3.4.7 Ambiente sedimentario y facies

Las características observadas de la Unidad Estratigráfica 4 reflejan depósitos en un medio marino tranquilo y relativamente somero, quizás en una plataforma subsidente, con sedimentación química predominante al oeste del área, localmente contaminada con vulcanismo submarino; y una esencialmente de tipo terrígeno muy fina hacia el este del área, que sugiere mayor proximidad al área fuente. Este carácter, y el de sucederse de manera coetánea las unidades aquí delimitadas, sugiere una cinta de facies predominantemente

fin a en el Oligoceno con cambios tanto horizontales como verticales entre las subunidades 4a y 4b.

4.3.4.8 Correlación

La Unidad Estratigráfica 4 puede correlacionarse con la Formación Carmen de Beather & Beattie (1962) o con la Formación Maralú de Haffer (1963).

4.3.5 Unidad litoestratigráfica 5 (Ngpp) – Unidad Pavo

4.3.5.1 Distribución de afloramientos y sección tipo

La Unidad Pavo (Ngp) se distribuye ampliamente hacia el sur de la zona estudiada, más exactamente a partir del Sinclinal de Umbito (Plancha 70) donde la unidad se destaca morfológicamente por constituir los cerros más elevados que configuran el cierre de estructuras sinclinales, tales como la serranía del Águila (planchas 69 y 79), el Sinclinal de Tulipa, los cerros de Tío López, Cruz de Hueso, Pecho Perdido y Quimarí (planchas 69, 79, 80); las montañas del Pavo (Plancha 80) y, probablemente, la serranía más occidental entre Necoclí y Turbo (planchas 69 y 79).

Con base en su carácter litológico, la Unidad 5 se ha dividido en la subunidades 5a (Ngpi) y 5b (Ngpn). Se observaron afloramientos de la Subunidad 5a en las quebradas Umbito, Puya, El Indio, La Pita, La Burra, Aguas Saladas, Isaías, Las Mercedes, Caracolí, Tío López, El Limón, La Mona, Tucurá (Angostura); La Osa, Osorio y Cacahual; en sectores de los ríos Turbo, Toribío (parte alta) y Mulatos (Aguas arriba de la quebrada La Doncella). En los cerros Yoky (en la serranía del Águila), Azul, Cruz de Hueso y en las montañas de Pavo.

En el Sinclinal de Tulipa se reconocieron dentro de la Subunidad 5a, tres paquetes de rocas perfectamente diferenciables, denominados paquete inferior o 5a₁, el cual se observó en la quebrada Tío López; paquete medio o 5a₂, determinado en la quebrada Las Mercedes y paquete superior o 5a₃, en la quebrada Puya; sin embargo, parece que la quebrada EL Indio es la localidad más representativa de la Subunidad 5a, por lo que se le ha escogido como sección tipo de esta subunidad.

En la carretera San Pedro de Urabá – San José de Mulatos aflora gran parte de la Subunidad 5b, y se le considera como sección tipo. Buenos afloramientos ocurren en la carretera Santa Catalina – El Tomate, y se observa, además, esta subunidad en las quebradas Moncholo, La Burra, Tambores, Aguas Saladas, Lucio y Monomacho.

4.3.5.2 Observaciones de campo y litología

La Unidad 5 presenta una parte inferior principalmente arenosa, la cual se ha denominado 5a y otra superior predominantemente lutítica, denominada 5b.

Subunidad 5a: en término promedio, se presenta un 60% a un 70% de arenitas y un 30% a 40% de lutitas, y se determina que a la base estas litologías ocurren en proporción 70%-30% y al techo 50%-50%, respectivamente, y que la subunidad 5a cambia transicionalmente a la Subunidad 5b.

En general, la subunidad está constituida por capas gruesas a muy gruesas de **arenitas líticas a sublíticas** gris azulosas a gris medio, interestratificadas con capas delgadas a medianas de lutitas gris verdosas a pardas (Fotografía 25). Las arenitas son de grano

mediano predominante, también fino y grueso, ocasionalmente con guijos, subredondeados a subangulares, de selección moderada, cemento calcáreo (5-10%) o matriz arcillosa (5-10%), porosidad intergranular baja a moderada (2-10%), permeabilidad baja, compactación alta. Compuestas por cuarzo 40%; chert negro = 5-20%; fragmentos de lutitas y rocas volcánicas = 10%; carbón = 2-4%; restos vegetales (1%); escasos granos de asfaltos (1% o menos); esporádicamente, concreciones calcáreas (1%).

Localmente las arenitas aumentan considerablemente de tamaño de grano y conforman lentejones de conglomerados arenosos de guijos, y se observan los mismos componentes de las arenitas ya descritas, además de fragmentos de ostreidos.

Las arcillolitas esporádicamente muestran restos de plantas, concreciones ferruginosas e intercalaciones de láminas a capas delgadas de arenitas arcillosas fino granulares. Localmente en la parte superior de esta subunidad se presentan algunas capas delgadas de turba.

Los contactos entre capas de arenitas es neto plano a gradacional, y conforma una geometría tabular que en el caso de los conglomerados es lenticular con disposición ondulosa no paralela.

Las estructuras sedimentarias observadas incluyen: estratificación cruzada de pequeña a gran escala, laminación ondulosa discontinua de “escamas” de carbón o asfalto, acanalamiento, turboglifos; marcas de acanaladura, además de bioturbación e icnofósiles de variadas formas, posiciones y porcentajes de abundancia.

Como ya se mencionó, en el Sinclinal de Tulipa dentro de la Subunidad 5a se diferenciaron tres paquetes, a saber:



Fotografía 25

Disposición característica de la secuencia estratigráfica presente en la parte media de la sub-Unidad 5a, en la quebrada Tío López. Observese cómo se destacan las capas gruesas de arenitas calcáreas intercaladas con capas delgadas de lutitas.



Fotografía 26

En la sub-Unidad 5a, se presentan capas delgadas a gruesas de arenitas de aspecto macizo, que se intercalan con capas delgadas de lutitas, mostrando una geometría tabular. Observación efectuada en la quebrada Tío López.

Paquete **5a₁** constituido en un 70% por **arenitas líticas calcáreas** de color gris verdoso a azulado, de grano mediano, localmente desarrolla lentes conglomeráticos que a veces muestran fragmentos de conchas de moluscos; de porosidad y permeabilidad escasas; alta compactación. Compuestas esencialmente por cuarzo, chert negro, fragmentos de carbón, intraclastos de lutitas. Se presentan en capas gruesas a muy gruesas de aspecto macizo de contactos netos y planos, geometría tabular (Fotografía 26); con estructuras sedimentarias como turboglifos; marcas de acanaladuras; estratificación cruzada de pequeña escala, ocasionalmente se presentan calcos de carga; laminación ondulada de corriente; acanalamiento, laminación convoluta y estratificación cruzada de pequeña escala.

El 30% restante está representado por intercalaciones de lodolitas y limolitas gris oscuro a negras, con laminación paralela: tanto en las arenitas como en las lutitas se encuentran frecuentemente laminillas de carbón y a veces restos de plantas. Los niveles arenosos disminuyen gradualmente hacia el techo y empieza a predominar una secuencia de carácter eminentemente lutítico, denominado paquete medio o 5a₂.

Paquete 5a₂: aproximadamente con 70% de lodolitas – limolitas y un 30% de intercalaciones de arenitas. La parte lutítica es de color gris oscura, gris verde oliva y pardo; generalmente se presenta en capas muy gruesas con espesores hasta de 20 m y se observa una estratificación plana paralela o maciza; ocasionalmente se presentan capas delgadas y lenticulares de turba. Las arenitas interestratificadas se presentan en capas delgadas a gruesas, tabulares o lenticulares (Fotografía 27), con las mismas características texturales y composicionales del paquete infrayacente y en secuencias rítmicas (Fotografía 28).



Fotografía 27

En el río Turbo cerca a la quebrada Las Mercedes, la sub-Unidad 5a₂ se encuentra típicamente representada, consistiendo de capas delgadas a medianas de arenitas amarillentas, que se interdigitan con las lutitas macizas predominantes, que presentan un color gris oscuro.



Fotografía 28

Estratificación rítmica consistente en capas delgadas de arenitas calcáreas gris claras medianas de lutitas gris oscuras debido a la presencia de abundante material carbonoso. Tal observación corresponde a la sub-Unidad 5a₂ presente en el río Currulao al sur de la localidad de Nueva Antioquia.

Paquete inferior 5a₃: interestratificación de un 70% de arenitas y un 30% de lutitas. Las arenitas conservan la misma composición, aunque el tamaño del grano es mayor y se incrementan los niveles conglomeráticos; los contactos entre capas son netos planos a ondulados o gradacionales; geometría tabular a ondulosa lenticular (Fotografía 29); se presentan abundantes bioclastos de lamelibranquios y gasterópodos. Se hacen notorias las siguientes estructuras sedimentarias: acanalamiento, estratificación cruzada de gran escala, ondulitas de gran escala; estratificación gradada, estratificación *flaser* y superficies de limado.

Las lutitas son de color gris oscuro a pardo rojizo, con un abundante contenido de materia orgánica; en la parte superior del paquete se presenta jarosita asociada a fracturas.

Subunidad 5b: principalmente lutítica (70-80% de la secuencia) y son frecuentes algunos niveles arenosos en la parte inferior de la subunidad (el promedio de arenitas es de 20-30%). Se identifica por el aspecto abigarrado de las lutitas y la presencia permanente de mineral de yeso y jarosita en las fracturas de las rocas o en algunos planos de estratificación (Fotografía 30).

Las lutitas presentan variados colores y tonos que incluyen: pardo claro, pardo rojizo, gris verdoso, gris claro, morado y rojo. Son de aspecto macizo, con abundante materia carbonosa, esporádicos lentejones de carbón entre 2,2 y 1,0 m de espesor y algunas costras endurecidas de limolitas (*Hard ground* limonítico) en la superficie del contacto con arenitas. Las arenitas intercaladas son principalmente cuarzosas, de color pardo a amarillo claro, de grano fino, subangular o subredondeado, buena selección, baja porosidad y permeabilidad; localmente cemento silíceo (5-10%). En la composición, además de cuarzo, se presenta chert negro, restos de plantas e intraclastos de lutitas; y a la base ocurren fragmentos de carbón. Localmente se encuentran niveles con abundantes bioclastos de ostras, así como madrigueras horizontales o verticales y tubiformes.



Fotografía 29

Aspecto típico de la sub-Unidad 5a, en el río Turbo, aguas arriba de la Hacienda Las Mercedes. Se observa un paquete de capas gruesas de arenitas calcáreas que presentan contactos bien definidos, conformando una geometría tabular. Un rasgo sedimentario importante es el relacionado con laminaciones o capas delgadas de color gris oscuro que reflejan la presencia de material carbonoso.



Fotografía 30

En la carretera San Pedro de Urabá-San José de Mulatos, la sub-Unidad 5b presenta un afloramiento característico de lutitas de colores variados que presentan notoria abundancia de minerales secundarios como yeso (laminaciones finas de colores gris claros) y Jarosita (de color amarillo vivo), relleno de fracturas y planos de estratificación.



Fotografía 31

En la población de Campano de los Indios afloran varias secuencias granodecrecientes constituidas por areniscas finogranulares que gradan a lodolitas y ocasionales concreciones calcáreas.

Los contactos entre capas de arenitas son principalmente gradacionales, en tanto que, entre éstas y las lutitas, son netos – planos a ligeramente ondulados; geometría tabular a localmente lenticular. En sectores se presentan acanalamientos y estratificación cruzada de pequeña a gran escala.

4.3.5.3 Espesor

Aunque complicaciones tectónicas impiden precisar el espesor real total de la unidad, se estima que ésta puede tener cerca de 4.000 m de espesor. A excepción de la quebrada Tío López donde la parte de la unidad 5a aflorante mide más de 1.600 m de espesor, otras localidades situadas en los flancos del Sinclinal de Tulipa permitieron reconocer el espesor de los tres paquetes de 5a y en ocasiones de 5b, así:

LOCALIDAD	ESPESOR (m)			
	5a ₁	5a ₂	5a ₃	5b
Q. Puya			1.600	>500
Q. Moncholo				>600
Q. La Burra			>550	1.800
Q. La Pita		950	1.050	1.200
Q. El Indio	>600	1.300	650	>700
Q. Tambores				1.500
Q. Aguas Saladas		2.000	800	
Río Turbo	>300	1.050	1.100	

Otras localidades donde se reconoce la Subunidad 5b son la carretera Santa Catalina – El Tomate (550 m de espesor) y la carretera San Pedro de Urabá – San José de Mulatos (1.500 m de espesor).

4.3.5.4 Contactos

El contacto inferior de la Unidad 5 se presenta fallado y coloca en contacto la parte inferior de la subunidad 5a con alguna parte de la Subunidad 5b en el sector de los cerros del Yoky. En la región de la quebrada Resbalosa se conocen rocas que por su datación son infrayacentes a las aquí denominadas Unidad 5, pero no se sabe el tipo de contacto entre las

dos. En ningún otro sitio fue posible encontrar el contacto inferior de la Subunidad 5a; situación similar sucede con el contacto superior de la Subunidad 5b, tan solo se observó la Unidad 12 que reposa de manera inconforme e indistinta sobre 5a y 5b es transicional y concordante.

4.3.5.5 Petrografía

De la Subunidad 5a se analizaron en sección delgada las muestras: H-86-18, H-86-22, H-86-38, H-86-39B, H-86-39C, H-86-53A, H-86-143A, H-86-148B, H-86-166B, H-86-168C, H-86—221B, H-86-226B, H-86-244E, H-86-247, H-86-248A, H-86-256C, H-86-263, H-86-272C, H-86-281, H-86-302A, H-86-301A, H-86-334, H-86-361 Y H-86-671, y se obtuvo los siguientes resultados:

Arenitas o arenitas conglomeráticas líticas, localmente sublíticas y calcáreas, de grano muy fino a grueso y guijos – guijarros; predominantemente subangulares o subredondeados; nula o baja porosidad intergranular (2-6 %, localmente 19%); predominantemente nula permeabilidad, localmente alta; cemento calcáreo, arcilloso o ferruginoso (8-15%, localmente 42%); en sectores pseudomatriz a partir de líticos arcillosos deformados. Compuesta por: cuarzo = 15-45% hasta 62%; fragmentos de lutitas = 12-17%, hasta 25%; plagioclasa = 2-5%, hasta 10%; chert = 5-10% hasta 36%; volcánicos andesíticos = 1-4%, hasta 12%; volcánicos básicos = 0-2%, hasta 4%; volcánicos ácidos = 1- 3%, hasta 6%; volcánicos cloritizados = 0 – 4%, hasta 6%; clorita y agregados cloríticos = 0 – 7%, hasta 13%; feldespato potásico = 0 – 1%, hasta el 3%; cuarcita = 0 – 2%, hasta 4%; moscovita = 0 – 2%, hasta 3%; biotita = 0 – 2% hasta 3%; pizarra – filita = 0- 2%, hasta 4%; cuarcita foliada = 0 – 2%; opacos (hematita, limonita, magnetita, materia carbonosa, leucoxeno) = 0 – 2%, hasta 5%; esparita = 0 – 1%; en porcentajes menores a 1% se presentan: serpentina, ceolitas, pirita, circón, turmalina, metasedimentitas, hornblenda, epidota, calcedonia, glauconita, limolita de cuarzo, granitoides y apatitos.

Otros análisis en sección delgada fueron realizados en las muestras 388C y 451B a saber:

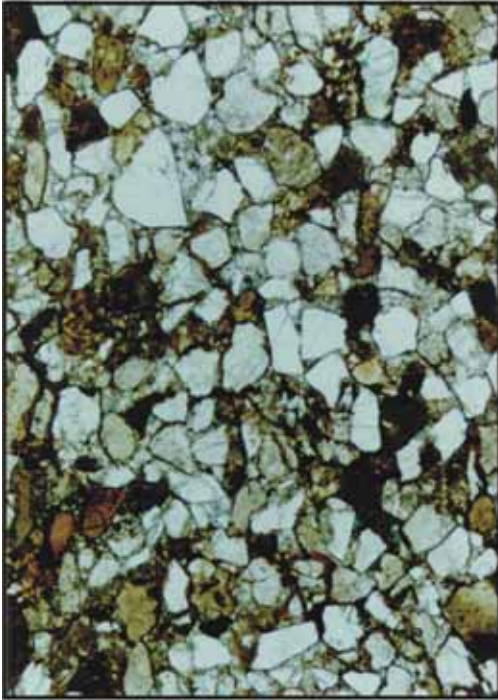
Muestra 451B (Anexo Petrográfico, Lámina 5, microfotografía 2):

Arenisca “sucia” con cemento calcáreo. Muy pobre calibrado; arcilla/limo hasta 2,5 mm; algunos granos tienen apariencia de estar cubiertos por óxidos de hierro (limonita); contienen comúnmente feldespato K e incluyen algunos fenocristales de fragmentos de roca volcánica (más félsicos que la mayoría de las muestras); algunos fragmentos de roca volcánica básica/intermedia; fragmentos de foraminíferos planctónicos.

Muestra 388C (Anexo Petrográfico, Lámina 6, microfotografía 1):

Arenisca oxidada. Buen calibrado, 0,15 – 0,50 mm; principalmente subangular; escasa laminación planar; láminas y material intersticial compuesta por arcilla oxidada, orgánicos y, por último, calcita esparítica.

LAMINA 6



Microfotografía 1

388C: Muchos granos de esta arenisca poseen bordes y óxidos de hierro. Parece indicar que la cementación de calcita precedió a la oxidación. Magnificación 40 veces.



Microfotografía 2

452B: El cemento calcáreo ha eliminado la porosidad intergranular en esta arenisca. Aumento 20 veces.

De la Subunidad 5b se analizaron en sección delgada las muestras C-86-206^a, C-86-212, C-86-215, C-86-264 y C-86-265 (Anexo Petrográfico), y presentan los siguientes resultados:

Arenitas líticas calcáreas, de grano fino a grueso, subangular a subredondeado; nula porosidad y muy baja a nula permeabilidad, cemento calcáreo, arcilloso (20-30%). Compuestas por: cuarzo = 28-47%; fragmentos de lutitas = 4-5%, localmente 17%; chert = 4-6%, localmente 16%; plagioclasa = 0-3%; opacos (hematita, materia carbonosa) = 1-4%; microclina = 0-3%; volcánicos cloritizados = 2-3%, clorita = 1-2%; filita – esquistos = 0-1%; volcánicos ácidos = 1-3%; volcánicos andesíticos = 0-2%; glauconita = 0-2%; cuarcita = 0-1%; biotita = 0-1%; trazas de: circón, micrita, arenitas líticas, foraminíferos, turmalina, apatito y allanita.

La muestra 452B (Anexo petrográfico, Lámina 6, microfotografía 2) observa lo siguiente:

Arenisca con cemento calcáreo. Pobre a regular calibrado; 0,03 - 0,4 mm; esencialmente subangular.

En el anexo petrográfico también puede observarse los resultados de las muestras 387A y 387B procedentes de esta unidad.

4.3.5.6 Paleontología y edad

De los numerosos datos obtenidos aquí tan solo se presentan aquellos que poseen zonación y que sirven para establecer la edad de ocurrencia de la Unidad 5, y se deduce, además, que hacia el oeste las facies aparentemente son más modernas.

Siguiendo de este a oeste, hasta el sector donde se presenta la Falla de Yoky se obtienen las edades más antiguas y de esta falla hasta la actual zona costera se obtienen edades más modernas.

Desde el este hasta la Falla de Yoky se presenta la siguiente información paleontológica:

Subunidad 5A

Microforaminífera:

Zona de *Guttulina cuadriae*, correspondiente a la parte tardía del Mioceno temprano (muestra H-86-115B).

Zona N8 a N9 (Mioceno temprano a medio) – muestras H-86-26B, H-86-27A, H-86-27B, H-86-30, H-86-35A, H-86-35B.

Zona de *Globorotalia fohsi barisanensis* (N-9) Mioceno temprano a medio, muestra H-86-217.

Zona de *Siphogenerina basispinata*, datada del Mioceno medio (muestras H-86-161, H-86-218A, H-86-218B, H-86-243C y H-86-250A).

Nannoplankton

Las muestras R-26; RM-VC-85-9, 15, 39, 48; QLM-VC-85-4, 6,8 dieron una edad Mioceno temprano a medio.

Palinología

Zona de *Cicatricosisporites dorogensis*, datada del Oligoceno (muestras C-86-220A, C-86-296, C-86-313, C-86-322A, C-86-323A, C-86-247).

Zona de *Multimarginites vanderhammeni*, datada del Mioceno medio al Mioceno tardío (C-86-297B).

Zona de *Echitricolparites spinosus*, datada del Mioceno tardío al Plioceno temprano (C-86-315).

Subunidad 5b: del análisis para foraminíferos se obtuvo:

Zona N-17 correspondiente al Mioceno tardío (muestra H-86-88B).

Zona de *Globorotalia margaritae* del Plioceno temprano (H-86-170B): Para nannoplankton la muestra CM-85-15-J suministró una edad del Mioceno medio. Para polen se presentó la misma situación que la anotada para la Subunidad 5a,

Zona de *Cicatricosisporites dorogensis* (Oligoceno), muestras C-86-200, C-86-201, C-86-202, C-86-221, C-86-277C, C-86-283, C-86-287A, C-86-310A, C-86-312B, C-86-352.

Zona de *Multimargintes vanderhammeni* (Mioceno medio a tardío). Muestras H-86-89A, C-86-217, C-86-293, C-86-294.

Zona de *Echitricolporites spinosus* (Mioceno tardío a Plioceno temprano) muestra C-86-278, C-86-278A y C-86-280.

Al oeste de la Falla de Yoky se obtuvieron los siguientes análisis correspondientes a la Subunidad 5A.

Foraminíferos

Zona de *Globorotalia acostaensis* (N-17) datada del Mioceno tardío, muestras H-86-65B, H-86-73A, H-86-74A, H-86-81B, H-86-84A, H-86-101, C-86-102, C-86-105, C-86-108, C-86-177.

Zona N-17 a N-18 datada del Mioceno tardío al Plioceno temprano (muestras H-86-73B, C-86-110, C-86-127, C-86-135 y C-86-155).

De acuerdo con esta información la Unidad Estratigráfica 5 posiblemente se depositó en el Mioceno temprano a medio en la parte central y oriental del área, y manifiesta su registro en el oeste hacia el Mioceno superior y posiblemente en el Plioceno inferior.

4.3.5.7 Ambiente sedimentario y facies

La Unidad Estratigráfica 5 refleja el registro de facies superiores de un episodio deltaico manifestado con el depósito de facies finas de la Unidad 4 (*delta front facies*) y los depósitos correspondientes a un delta activamente progradante de la Unidad 5, donde son notables los canales distributarios, los cuales en el proceso mismo de su movimiento generan zonas de deltas abandonados (*abandonment delta areas*) con extensas zonas cenagosas o de marismas.

Por sus características distintivas, posiblemente la Unidad 5 cambio tanto lateral como verticalmente a facies de ámbitos más profundos (unidades 6, 7 y 8) constituyen varias cintas de facies en cada uno de los pisos del Mioceno, y se caracterizan por ser una magnafacies predominante arenosa depositada en este período y con aceptables condiciones de roca almacenadora, interpuesta entre una facies generadora (Unidad 4) y una roca sello (Unidades 7 y 8).

4.3.5.8 Correlación

La Unidad 5 denominada en este informe Unidad Pavo es correlacionable con la Formación Pintura de Haffer (1963). La Subunidad 5a₁ corresponde a las areniscas Pavo de Sutton (1924), denominadas por Haffer & Beattie (1959) como las areniscas basales de la Formación Floresanto en la región de Urabá.

Las sedimentitas suprayacentes a las areniscas del Pavo (subunidades 5a₂ + 5a₃ + 5b) corresponden aproximadamente con *Currulao Shale Series, Tulupa Coal Measures, Tulupa Sandstones* y parte inferior de *Tulupa Shales* de Sutton (1924).

La Unidad 5 no es correlacionable con las Areniscas de Manantial (Unidad 3), puesto que ambas unidades presentan litofacies y edades diferentes.

4.3.6 Unidad litoestratigráfica 6 (Ngca) – Unidad Campano

4.3.6.1 Distribución de afloramientos y sección tipo

La Unidad Campano (Ngca) se presenta en la parte más norte del área estudiada como una franja N-S limitada por el cordón dómico del Cispatá al oeste y la Falla de San Antero al este y se encuentran algunos afloramientos en la localidad de Nuevo Agrado (planchas 43 y 51). La principal área de ocurrencia se encuentra al oeste de la denominada Falla de Tragedia, y conforma el denominado Anticlinal de El Campano (planchas 50 y 51); la sección tipo de la unidad se ubica en el pueblo de Campano de Los Indios (Fotografía 31).

Se levantó una sección detallada en las calles y solares de algunas casas de la mencionada localidad, y se encontró, además, aceptables exposiciones en el sector de las fincas El Guaymaro y San Antonio, al sur y norte del pueblo, respectivamente.

4.3.6.2 Observaciones de campo y litología

Constituida por una secuencia de arenitas de tonos rojizos y colores pardos o amarillos en muestra meteorizada, gris amarillento o anaranjado rojizo claro en muestra fresca, que se intercalan con lutitas de los mismos colores o de color verde oliva. La frecuente disposición de las secuencias granodecrecientes se observa claramente en la sección tipo, la cual consiste en capas medianas a gruesas de arenitas de grano mediano predominante, que en sectores y a la base llegan a ser guijosas, y decrecen a grano fino y a capas delgadas a mediana de lutitas. Las arenitas se componen principalmente de cuarzo, también se

presenta chert negro, fragmentos de rocas “blancas”, al parecer, porcelanitas; intraclastos de lutitas verdes, restos carbonosos, ocasionalmente dientes de peces (*Mobulidae?*) y fragmentos de foraminíferos; son moderadamente porosas y permeables cuando no se encuentra cemento calcáreo que se concentra localmente en proporción abundante.

Es frecuente observar concreciones calcáreas con diámetros hasta de 70 centímetros a lo largo de la secuencia y desarrollos incipientes de caliches terrosos que forman láminas gruesas discontinuas entre capas delgadas de arenitas finogranulares o simplemente grumos calichosos.

Las lutitas presentan una fractura irregular y en sectores son micromicáceas, mineral éste que se dispone en planos de estratificación de materiales arenosos en contacto con las mencionadas lutitas.

Un rasgo importante de la unidad es el de presentar canales de variadas dimensiones, algunos que se superponen, otros que cortan las sedimentitas más finas y manifiestan procesos de migración y acreción lateral. Por esto, gran parte de la sucesión presenta una geometría ondulosa lenticular. Las capas de granulometrías finas exhiben una estratificación plana paralela a ligeramente ondulosa, con frecuente bioturbación manifiesta, ya sea por moteamiento y pérdida de los rasgos de estratificación, alteración de superficies de estratificación o por icnofósiles tubiformes del tipo *Skolithos?*, además de restos vegetales.

Además de esto, la unidad presenta estratificación cruzada cubetiforme de pequeña y gran magnitud; estratificación convoluta, microderrumbamiento, superficies de limado, laminación de rizaduras ascendentes, costras de oxidación, estructuras *cone in cone* y microfallas sinsedimentarias.

4.3.6.3 Espesor

En la localidad de Campano de Los Indios se midieron más de 70 m de la secuencia descrita en el capítulo de litología; pero a pesar de presentarse frecuentemente replegada y, en casos, fallada, se estima que la Unidad 6 tenga un espesor superior a los 300 m.

4.3.6.4 Contactos

Los contactos inferior y superior no fueron observados, pero se deduce que el superior es inconforme en la región de Matavaca, debido a la disposición estructural y al carácter litofacial diferente al de la Subunidad 8a suprayacente.



Fotografía 32

La sub-Unidad 7b en la quebrada Aguas Prieticas se presenta conformando una secuencia de capas medianas a gruesas de arenitas calcáreas, como la que se observa en esta fotografía.



Fotografía 33

Las arenitas observadas en la sub-Unidad 7c (que es predominantemente lutítica) son casi siempre delgadas y de un aspecto ligeramente ondulado. Observación efectuada en la quebrada Si Se Van, cerca a Pueblo Buho.

4.3.6.5 Petrografía

Se analizaron en sección delgada las muestras L-86-4, L-86-5, L-86-11, L-86-12, L-86-22, L-86-35, L-86-337A y L-86-615 con el siguiente resultado:

Arenitas líticas a sublíticas calcáreas, de grano muy fino a grueso; moderada a buena selección; granos subangulares a redondeados, moderada porosidad = 10-12%, localmente 23%, moderada a alta permeabilidad; localmente cemento calcáreo = 5-10% (carbonatación reemplaza a corroe los terrígenos). Compuesta por: cuarzo = 47-55%; fragmentos de lodolitas arcillosas = 3-6% (localmente 28%); plagioclasa = 2-3% (localmente 8%); chert = 1-4%; biotita = 0-5%; microclina = 0-3%; glauconita = 0-3%; esquistos cuarzo – moscovíticos = 0-2%; volcánicos ácidos = 0-2%; moscovita = 0-4%; cuarcita = 0-4%; opacos (ilmenita, hematita, magnetita) = 0-4%; biotita = 0-2% (localmente = 5 %); clorita = 0-1%; epidota = 0-1%; turmalina = 0-1%; trazas de: apatito, circón, foraminíferos arenosos y otros fósiles indeterminados, esfena, neises y granitoides.

De la roca calcárea o de las concreciones se obtuvieron las muestras L-86-1, L-86-3, L-8619, L-86-30 y L-86-32 que se determinaron así:

Calcarenitas a micritas, con porosidad *pinpoint*, vugular o por fractura (5-8%, hasta 12%); baja permeabilidad. Compuestas por lodo micrítico = 31-95%; cuarzo = 1-9%; chert = 0-2%; plagioclasa = 0-2%; biotita = 0-2%; moscovita = 0-2%; glauconita = 0-1%; feldespato potásico = 0-1%; volcánicos ácidos desvitrificados = 0-1%; opacos = 0-1%; filitas = 0-1%; fragmentos fosilíferos = 0-1%, trazas de: cuarcita, esquistos, clorita, apatito; epidota, turmalina, circón, fosfatos, además de conductos de bioturbación.

La muestra 449D (Anexo petrográfico, Lámina 7, microfotografía 1) presenta el siguiente resultado:

Arenisca. Regular a buen calibrado; esencialmente 0,1 – 0,4 mm; subangular a subredondeado. Porosidad: 25 – 30%; es la mejor roca reservorio de las muestras examinadas.

De la muestra 449F (Anexo Petrográfico, Lámina 7, microfotografía 2) se resume:

Arenisca. Regular calibrado; principalmente 0,1 – 0,8 mm; abundantes clastos pequeños de *shale*/lodo y biotita/máficos oxidados a hematita. Porosidad: 10-15%; variable debido a óxidos de hierro locales.

Otras muestras procedentes de esta unidad son 448, 449E y 449G (Anexo Petrográfico).

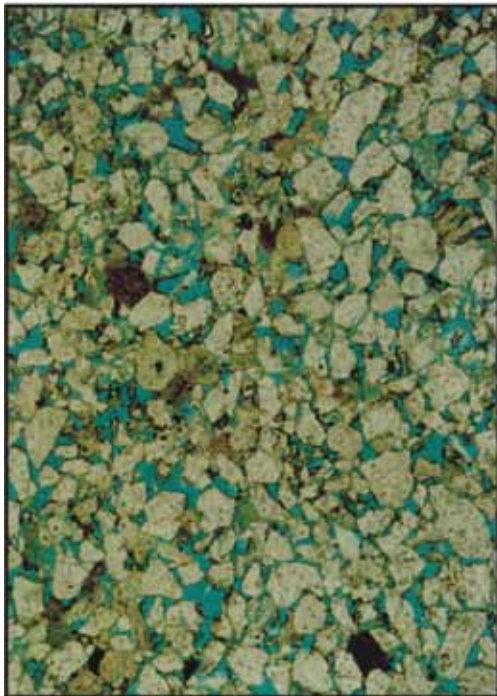
4.3.6.6 Paleontología y edad

Se determinó en la muestra L-86-3 especímenes retrabajados? de *Globigerinella* sp, asignándole una edad del Oligoceno tardío? Al Mioceno medio?, en tanto que la muestra L-86-32 debido a la presencia de *Globoquadrina* y *Globigerina praebulloide*, aparentemente retrabajadas, les asigna una edad del Mioceno temprano a más joven.

Las muestras D-85-445B, D-85-446A, D-85-448 y D-85-453B datadas ya sea por foraminíferos o nannoplankton o ambos, suministran edades que oscilan entre el Oligoceno tardío y el Mioceno medio temprano, con una mayor probabilidad del Mioceno tardío.

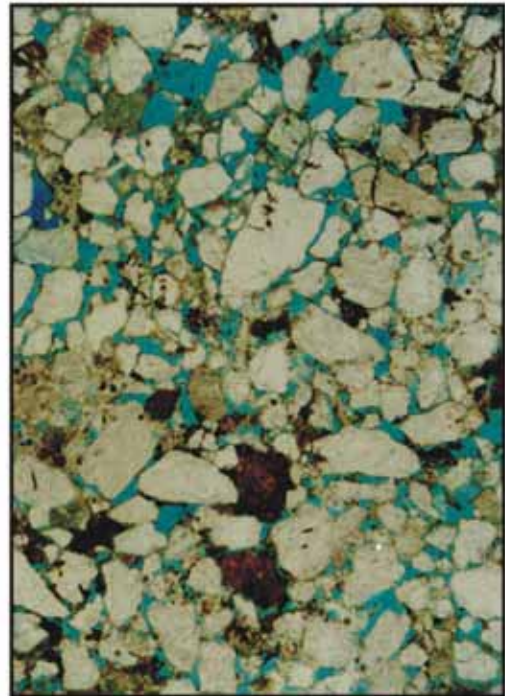
Se ha considerado, por consiguiente, que la Unidad 6 corresponde aproximadamente del Mioceno inferior a parte baja del Mioceno medio inferior.

LAMINA 7



Microfotografía 1

499D: Arenisca que presenta una buena madurez y por lo tanto un buen potencial como roca reservorio. Se estima la porosidad en un 25%-30%. Magnificación 20 veces.



Microfotografía 2

499F: La selección de esta roca es pobre a regular, aunque todavía presente una porosidad aceptable. El material marrón-negro es óxido de hierro, pudiendo corresponder a biotitas oxidadas y alteradas.

4.3.6.7 Ambiente sedimentario y facies

El análisis conjunto de textura, geometría, litología y estructuras sedimentarias sugiere un depósito en un medio que refleja oscilaciones en el nivel freático que pasa de un período de cierta quietud y exposición subaérea que permite el desarrollo de láminas de caliche y alguna actividad orgánica, a una etapa subacuosa con episodios de relativa inestabilidad que producen derrumbamiento y microfallas sinsedimentarias.

Dentro de este marco se desarrolló un significativo sistema fluvial con depósitos de barras de canal, donde las corrientes denotan mecanismos de migración y acreción lateral, además de depósitos propios de llanuras de inundación.

La facies de la Unidad 6, aunque no posee una distribución cartográfica grande, es fácilmente identificable y, al parecer, puede ser un correspondiente lateral de la Unidad 5; parece variar lateral y verticalmente a facies un poco más profundas (unidades 7 y 8).

4.3.6.8 Correlación

La unidad podría correlacionarse con parte de la denominada Formación Floresanto (Haffer 1963, 1967) y posiblemente con el miembro inferior de la Unidad Pavo (Subunidad 5a).

4.3.7 Unidad litoestratigráfica 7 (Ngf y Ngpa) Unidades Floresanto y Pajuil (Cerro Verdinal y Loma Verde)

4.3.7.1 Distribución de afloramientos y sección tipo

En la parte norte del área de estudio se ha identificado la Unidad 7, que incluye las unidades Floresanto (Ngf) y Pajuil (Ngpa) en el flanco E del Sinclinal de La Lucha (Plancha 60), donde se realizó una travesa entre las localidades de San Felipe y La Lucha, y se encontró parcialmente bien representados sus 3 subunidades constituyentes, denominadas subunidades 7a, 7b y 7c. La región más septentrional donde se observó una litofacies bastante similar a la parte de la Unidad 7, e identificada por relaciones estratigráficas como correspondiente posiblemente a un sector de la Subunidad 7a, se encuentra en el Sinclinal de El Polvero (Plancha 51). La Subunidad 7c adquiere un gran desarrollo en el flanco este del Sinclinal de El Pantano y del Anticlinal fallado de El Cucharal (Plancha 60) se observan plegadas o falladas las diferentes subunidades constituyentes de la Unidad 7 y se puede obtener una buena idea de la Subunidad 7b en la quebrada La Cascada. En cercanías a la localidad de Aguaviva, por la carretera que conduce al Pantano, afloran en un trayecto considerable los materiales que conforman la Subunidad 7c.

Al igual que en la región norte, en la parte central y meridional las rocas de la Subunidad 7a, preferentemente, se disponen a manera de franjas estrechas, asociadas a fallas de cabalgamiento. Los mejores afloramientos en esta parte del área se presentan en los alrededores del campo Floresanto (Plancha 70), en la cabecera de la quebrada Almagritas (Plancha 70) y en la carretera que de Valencia conduce a San Pedro de Urabá (Plancha 70).

En esta región, rocas correspondientes a la Subunidad 7b presentan muy buenos afloramientos, ocupa extensiones considerables hacia el sector este, donde se presenta un relieve abrupto, en donde se encuentran las mayores alturas del área.

Las mejores secciones estratigráficas de la Subunidad 7b se levantaron en la quebrada Córdoba, cerca del campo Floresanto (Plancha 70) y quebrada El Brillante Sur (Plancha 70). Otros afloramientos de esta subunidad se ubican en la quebrada Aguas Priéticas, cerca de Cocuelo (Plancha 60), quebrada Matamoros (Plancha 70) y quebrada Jaraguay (Plancha 70); en esta última se observaron buenos y continuos afloramientos, que permiten

recomendarla para futuros trabajos como sección tipo de la Subunidad 7b, que no fue posible estudiarla en este proyecto.

Finalmente, de la Subunidad 7c se observaron pequeños y esporádicos afloramientos, lo cual no permitió establecer una sección tipo. Donde se obtuvo alguna información fue en el carretable que del Pueblo Buho conduce a Buenos Aires (Plancha 60), quebrada El Brillante Norte (Plancha 60) y en cercanías a Loma Verde (Plancha 70).

4.3.7.2 Observaciones de campo y litología

Debido a las diferentes litologías que constituyen la Unidad 7, y a su expresión geomorfológica, ésta se subdividió en tres (3) subunidades a saber:

Subunidad 7a (Unidad de Floresanto, Ngf): consiste de capas delgadas a muy gruesas de lutitas, en sectores finamente laminadas, en otros ligeramente arenosas, de color pardo amarillento a pardo rojizo por meteorización, en muestra fresca son gris verdoso; blandas a moderadamente duras, presentan concreciones calcáreas y restos de plantas en superficies de estratificación. Se interstratifican limolitas de color anaranjado grisáceo (10 YR 7/4), un poco calcáreas, con restos de plantas y capas delgadas a muy gruesas de arenitas líticas, friables o calcáreas, de grano fino a mediano, localmente con un 15 a 20% de matriz arcillosa, preferentemente buen calibre, de granos angulares o redondeados. Predomina en la composición el cuarzo, fragmentos de lutitas, rocas volcánicas, carbón, chert negro, plagioclasa. Se destacan remanentes de plantas, algunas bien conservadas y escasas conchas o fragmentos de bivalvos. La porosidad y permeabilidad son prácticamente nulas, localmente se determinó un 30% de cemento calcáreo. En muestra meteorizada el color es pardo amarillento, amarillo oscuro, mientras que en roca fresca exhibe un color gris amarillento claro a gris oscuro azulado.

La subunidad 7a tiene, aproximadamente, entre 50 y 65% de lutitas; 10-15% de limolitas y 30-40% de arenitas.

Subunidad 7b (Unidad de Cerro Verdinal, Ngpai): constituida por arenitas calcáreas intercaladas o que varían a arenitas friables, e interstratificadas con lutitas y limolitas. Las arenitas calcáreas son de grano fino a mediano, con buen calibre, abundante cemento calcáreo (hasta 45%); de composición lítica; dispuestas en capas gruesas a muy gruesas de aspecto macizo, de contactos netos, planos a ondulados y aparentemente geometría tabular (Fotografía 32), esporádicamente estratificación cruzada en artesa de gran magnitud. Se intercalan o varían a arenitas líticas friables, de grano fino a grueso, regularmente seleccionadas, en capas delgadas a muy gruesas, de contactos gradacionales a netos y ligeramente ondulados. De composición similar a la descrita para la subunidad 7a, son notables los intraclastos de lutitas y el incremento en el contenido de restos vegetales. La porosidad y la permeabilidad son muy bajas a inexistentes. El color en muestra fresca es verde oliva grisáceo, gris verdoso claro, gris amarillento claro, en roca meteorizada presenta un color pardo amarillento, gris verde oliva a pardo verdoso. En la región meridional y en posición estratigráfica correspondiente a la mitad superior de la subunidad

se hallaron varios niveles delgados de arenitas calcáreas con moluscos moderadamente conservados.

Interestratificadas se presentan capas delgadas a gruesas de lutitas, localmente laminadas, algunas arenosas, con presencia local de nódulos calcáreos, y abundantes restos de plantas; generalmente muy meteorizadas con colores gris verdoso claro, gris verdoso oscuro y pardo verde oliva. Capas delgadas a medianas de limolitas, ligeramente calcáreas con impresiones y restos de pequeñas hojas, de color gris amarillento claro, se encuentran intercaladas preferencialmente en la parte inferior de la subunidad.

La Subunidad 7b posee, aproximadamente, un 30-35% de lutitas, 5-10% de limolitas y un 55-56% de arenitas.

Subunidad 7c (Unidad de Loma Verde, Ngpas): constituida por una secuencia predominantemente lutítica, donde se reconoció un paquete inferior constituido por capas delgadas no mayores de 15 cm de espesor, de limolitas calcáreas intercaladas rítmicamente con capas medianas no mayores de 30 cm de lutitas, que presentan, irregularmente distribuidas, concreciones de limolita calcárea a micritas. Los contactos entre estas litologías son netos planos a ligeramente ondulados, geometría tabular; ocasionalmente se encuentran capas delgadas a medianas de arenitas líticas, finogranulares con baja porosidad y nula permeabilidad, que lateralmente cambian a limolitas o lutitas (Fotografía 33). En las superficies de estratificación se encuentran fragmentos de plantas, algunos bien conservados; el color de las lutitas es gris verdoso o claro, gris amarillento, gris medio. Las limolitas y arenitas presentan un color gris amarillento claro en roca fresca y amarillo oscuro en roca meteorizada. La proporción de lutitas es aproximadamente del 70%, limolitas del 20% y arenitas del 10%, pero en la región meridional, la parte intermedia de la secuencia estratigráfica de la Subunidad 7c, o en el paquete superior en la región septentrional del área de estudio, las arenitas alcanzan entre un 30 –40% y se presentan en capas medianas a muy gruesas, de aspecto macizo, ocasionalmente calcáreas, con pequeñas y escasas conchas de moluscos.

4.3.7.3 Espesor

En el sector de La Lucha – San Felipe las subunidades 7a y 7b tienen aproximadamente 1.200 m y 800 m de espesor, respectivamente, mientras que en el sector de Aguaviva la Subunidad 7c alcanza más de 1.900 m de espesor.

En la travesa Floresanto – Loma Verde – Arenas Monas, de la Subunidad 7a sólo afloran 1.680 m, la Subunidad 7b mide más de 2.400 m y la Subunidad 7c aproximadamente 2.000 m.

La Subunidad 7b presenta un espesor de 1.800 m en la quebrada Prisco, y aumenta hacia el sur (quebrada El Brillante) a 3.170 m.

4.3.7.4 Contactos

El contacto inferior no se observó, pero en el campo Floresanto, la perforación del pozo No. 10 se inició en la subunidad 7a, con 3.315 m de profundidad, y se observó en todo su recorrido la litología de “*shale* gris ligeramente arenoso”, lo cual indicaría una continuidad en el depósito y aparente concordancia con la unidad infrayacente.

Aunque no fue observado directamente el contacto superior, el análisis litofacial y el carácter fotogeológico de la unidad suprayacente en la región de Morrocoy (Plancha 50) y en Lomas del Tigre (Plancha 60) denotan una inconformidad entre las dos. Además, en la Cuchilla Las Divisiones, sobre la Unidad 7 reposan 180 m de conglomerado grueso, cuyos clastos constituyentes son de unidades precedentes. Los contactos entre las subunidades 7a, 7b y 7c son concordantes y en las secciones levantadas se encontró buena continuidad entre las subunidades mencionadas.

4.3.7.5 Petrografía

De la Subunidad 7a fueron analizadas las muestras 377, L-86-410, L-86-411B, L-86-412, L-86-618, L-86-619, B-86238 y B-86-401 y se presentan los siguientes resultados:

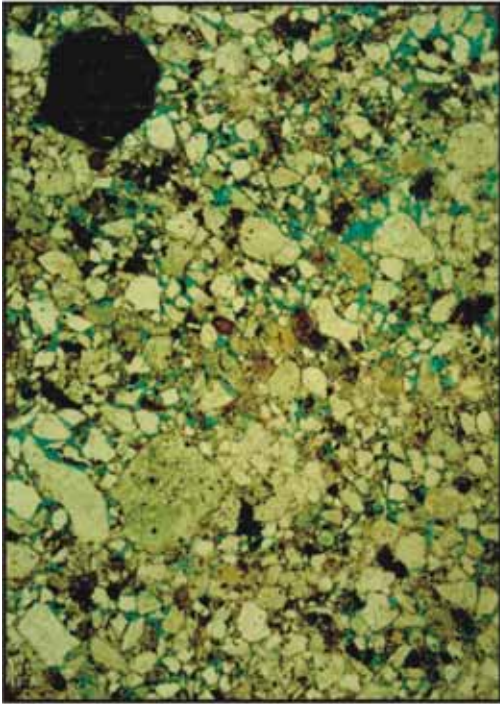
Arenitas líticas calcáreas, de grano muy fino a fino predominante sobre grueso, subangular o redondeado; bien seleccionadas, nula porosidad y permeabilidad; localmente cementadas por carbonato de calcio, arcilloso, ferruginoso (20-50%), matriz ausente. Compuesta por: cuarzo = 21-34% (localmente 50%), fragmentos de lutitas = 4-26%, chert = 5-18%, plagioclasa = 2-5%, volcánicos = 3-6%, clorita = 1-3%, biotita = 0-2%, agregados cloríticos = 3-4%, feldespato potásico = 0-1%, fragmentos de esquistos – filitas = 0-1%, fragmentos de bivalvos = 0-1% y trazas de: glauconita, epidota, cuarcita y turmalina. La muestra L-836-411B fue determinada como micrita y corresponde a una concreción.

La muestra 396D observa (Anexo Petrográfico, Lámina 8, microfotografía 1).

Arenisca. Pobre calibrado; 0,06 – 0,60 mm; principalmente subangular a subredondeado; cantidades modestas de partículas finas de biotita alterada; diversos granos de “granitos”. Porosidad variable, por encima del 15%, primaria intergranular.

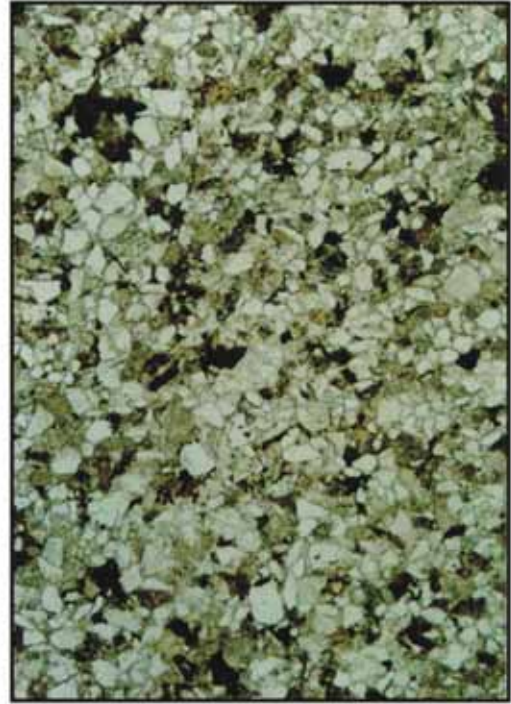
De la Subunidad 7b fueron determinadas las muestras L-86-148, B-86-219C, B-86-406, B-86-412A, así:

LAMINA 8



Microfotografía 1

396D: Aunque esta arenisca presenta una porosidad moderada el calibre es muy pobre. Magnificación 20 veces.



Microfotografía 2

453B: Esta roca con cemento calcáreo muestra material oscuro que se cree es debido a la mezcla de clastos intrafornacionales pequeños y minerales máficos que han sido oxidados (probablemente biotita). Magnificación 20 veces.

Arenitas líticas calcáreas, de grano muy fino a fino, ocasionalmente medio, subredondeados a subangulares, muy baja porosidad y nula permeabilidad, compactación moderadamente alta, cemento calcáreo = 26-46%, arcilloso = 4%, pseudomatrix por deformación de líticos arcillosos. Compuestas por cuarzo = 26-55%, fragmentos de lodolitas = 0-34%, volcánicos cloritizados = 2-11%, plagioclasa = 0-5%, chert = 5-15%, moscovita = 2%, biotita = 2%, clorita = 3%, trazas de: glauconita, opacos, esquistos, foraminíferos aplastados.

De la Subunidad 7c las muestras 441B, L-86-120, L-86121, L-86-144, L-86-148, L-86-329, B-86-417, B-86-419 y B-86-420 se presentan como:

Arenitas líticas, de grano muy fino a mediano predominante sobre el limo; subangulares; baja porosidad (0-6%; localmente 21%); nula a parcialmente alta permeabilidad; cemento ferruginoso (3-8%, localmente hasta 60%), pseudomatrix a partir de líticos arcillosos. Compuesta por fragmentos de lodolitas = 23-51%, cuarzo = 15-40%, volcánicos = 3-15%, plagioclasa = 2-6%, chert = 2-13%, clorita = 0-4%, biotita = 0-2%, moscovita = 0-2%, fragmentos de filitas – esquistos = 0-2%, hornblenda = 0-2%, cuarcita = 0-2%, feldespato potásico = 0-2%, granitoides = 0-1%, opacos = 0-5%, trazas de: siderita, apatito, circón, turmalina, calcita y epidota.

Adicionalmente, la muestra 453B (Anexo Petrográfico, Lámina 8, microfotografía 2) refiere:

Arenisca muy fina con cemento calcáreo. Regular calibrado; 0,025 - 0,04; subangular.

4.3.7.6 Paleontología y edad

La Subunidad 7a, datada con base en foraminíferos según la muestra L-86-458, parece responder al Mioceno medio a superior, de acuerdo con la asociación de *Cibicidoides floridanus*, *Uvigerina peregrina*, *Globigerina venezuela*, *Gyroidina soldanii*, *Melonis baileranus*, *Melonis pompiloides* y *Uvigerina rustica*.

Para la Subunidad 7b, las muestras B-86-106B y B-86-223 muestran la siguiente fauna de foraminíferos: *Globigerinoides trilobus*, *Uvigerina cf. Subperegrina*, *Bolivina marginata*, *Globorotalia* sp, se les asigna una edad Miocena media, por la similitud existen con la zona de *Siphogenerina basispinata* de la sección Carmen – Zambrano; ésta es corroborada por la muestra B-86-219D, examinada para polen, que mostró un grano correspondiente a la zona de *Multimarginates vanderhammeni*, correspondiente a una edad del Mioceno medio tardío.

De la Subunidad 7c, las muestras L-86-143, con un contenido de *Urbulina universa* y *Globigerinoides trilobus* datada del Mioceno tardío al Plioceno temprano; L-86-451, con la presencia de la zona de *Guttulina caudriae* (sección del Carmen – Zambrano) datada del Mioceno medio, y L-86-476 del Mioceno medio por la presencia de *Globorotalia menardi*, *Bolivia* sp.

En la región más sur, la muestra B-86-180, con base en *Planulina renzi*, *Globigerinoides trilobus*, *Pseudonodosaria comatus*, *stillostomella muttalli* y *Cibicidoides floridanus*, se le asigna una edad del Mioceno medio. La muestra B-86-178 presenta fauna de foraminíferos datada del Mioceno tardío al Plioceno temprano.

De lo anterior expuesto y con base en las relaciones estratigráficas se deduce que más probable edad de las subunidades 7a y 7b es del Mioceno medio, mientras que la Subunidad 7c podría ser considerada del Mioceno Superior.

4.3.7.7 Ambiente sedimentario y facies

De las características mencionadas se puede concluir que la Unidad 7 representa una facies siliciclástica predominantemente fina, de una considerable extensión que no evidencia variaciones sustanciales de facies, con un notorio contenido de restos vegetales, escasos bivalvos, foraminíferos, que denotan características de ciertas profundidades batiales superiores a neríticas, e indicativas de un depósito en zonas de plataforma altamente subsidentes, que recibía constantemente aportes de un continente próximo, donde se desarrollan manglares extensos. Dicha unidad parece extenderse a otras zonas donde

condiciones ambientales diferentes generaron litofacies con características propias (Unidad 8), la cual se ha considerado como su equivalente litoestratigráfico.

4.3.7.8 Correlación

La Subunidad 7a puede correlacionarse con parte de la Formación Floresanto, en tanto que las subunidades 7b y 7c podrían corresponder con la Formación Pajuil (Haffer, 1963 y 1967).

4.3.8 Unidad Litoestratigráfica 8 (Ngmn) - Unidad Moñitos (Tragedia/Perpetuo Socorro, Arroyo El Llorón y Lutitas de Membrillal)

4.3.8.1 Distribución de afloramientos y sección tipo

Las subunidades 8a Tragedia/Perpetuo Socorro, 8b Arroyo El Llorón y 8c Lutitas de Membrillal, en las cuales se ha subdividido la Unidad 8 Unidad Moñitos, se reconocieron únicamente como cuerpos constitutivos de los anticlinales fallados de Moñitos y Perpetuo Socorro, y del Sinclinal de El Limón (Plancha 50).

De la Subunidad 8a se encuentran afloramientos a lo largo de la carretera que del Manguito conduce a San Anterito y en el ramal al Perpetuo Socorro (Plancha 50), y se encuentran buenos afloramientos de alguna parte de la secuencia en la quebrada Trinidad cerca del pueblo de Tragedia (Plancha 50). No se determinó ninguna sección tipo de la Subunidad 8b, tan solo se refiere una observación en cercanías al caserío Pajonal (Plancha 43) y se manifiesta que esta unidad podría identificarse en el arroyo El Llorón (Plancha 50). Gran parte de la secuencia que representa a la Subunidad 8c fue observada en sectores de la quebrada Membrillal y el río Broqueles (Plancha 50) donde se efectuaron secciones estratigráficas que sirven de secciones tipo.

4.3.8.2 Observaciones de campo y litología

Subunidad 8a (Unidad Tragedia/Perpetuo Socorro): constituida por una secuencia predominantemente lutítica, la cual presenta intercalaciones de arenitas y limolitas a calizas terrígenas.

Las lutitas se presentan en capas delgadas a muy gruesas con laminación plana paralela, ligeramente rizada (*small scale rippled*) o en cuerpos macizos de color pardo verde oliva medio, anaranjado verde oliva a gris oscuro en muestra meteorizada; gris verde oliva medio a pardo claro o gris claro en muestra fresca.

Frecuentemente micromicáceas y con escaso contenido de tamaño limo; presentan restos oscuros de plantas que en sectores conforman un buen rasgo de laminación por color. Localmente se presentan pequeños cristales de yeso dispuestos de manera no muy clara y pocas concreciones ferruginosas o calcáreas hasta de 20 cm de diámetro.

Las arenitas se encuentran como capas delgadas a medianas en intercalaciones rítmicas con las lutitas o en capas gruesas a muy gruesas de aspecto macizo, algunas con superficies de acanalamiento y rasgos de marcas de limado; son de color amarillo pardo a gris verdoso oscuro en muestra meteorizada; gris amarillento claro o blanco amarillento en muestra fresca. De grano muy fino a mediano, subangular a redondeado, porosidad intergranular pobre a moderada 2-10%; nula a localmente alta permeabilidad; friables a calcáreas. Compuestas principalmente por cuarzo, fragmentos de lodolitas arcillosas, chert y plagioclasas; desarrollan intraclastos de lutitas (*shale chips*) a la base de capas que denotan superficies basales erosivas.

En sectores se observó ondulitas linguoidales y de cresta recta (Fotografía 34), así como turboglifos que dieron una dirección de paleocorrientes al NW; la estratificación cruzada es de pequeña escala del tipo cubetiforme.

Restos de plantas y troncos, así como bioturbación, se presentan en superficies de estratificación; localmente se observó en arenitas finogranulares estratificación rizada ascendente (Fotografía 35); derrumbamiento y estructuras almohadillas.

Las limolitas calcáreas en sectores varían a micritas que presentan terrígenos finos de cuarzo, de color gris blanco amarillento a gris verdoso oscuro en muestra meteorizada; amarillo claro a gris verdoso claro en muestra fresca; se presentan generalmente en capas delgadas a medianas y forman parte de secuencias rítmicas.

Presentan una estratificación interna plana paralela, con láminas muy delgadas que reflejan materia carbonosa oscura y que se manifiestan en partes como bandeamientos.

En esta subunidad: lutitas = 50-60%; limolitas = 10-15%, arenitas = 30-35%.

Subunidad 8b (Unidad Arroyo El Llorón): en cercanías al caserío de José Manuel se presentan: conglomerados, arenitas conglomeráticas y limolitas, interestratificadas con lutitas.

Subunidad 8c (Lutitas de Membrillal o Miembro Lutítico Inferior): unidad predominante lutítica 80-85% intercalada con limolitas 10-15% y arenitas 5% (fotografías 36, 37 y 38).

4.3.8.3 Espesor

Se calcula que parte de la Subunidad 8a en la quebrada Trinidad, cerca al pueblo de Tragedia, alcance por lo menos 700m de espesor, y se considera que alcance en su totalidad alrededor de 1.200m. De la Subunidad 8b se desconoce siquiera un espesor aproximado, mientras que de la Subunidad 8c fueron medidos en el área del río Broqueles más de 800m.

4.3.8.4 Contactos

El contacto superior de la Unidad 8 se observó inconforme tanto en el sector de Broqueles como en la cuchilla Matavaca, en tanto que el inferior se dedujo inconforme por los datos estructurales, los rasgos geomorfológicos y fotogeológicos de la Unidad 8 y la infrayacente Unidad 6.

El contacto entre las subunidades 8a y 8b es fallado y entre esta última y la subunidad 8c aparentemente es concordante, todos ellos observados o deducidos en la región de Broqueles.



Fotografía 34

Ondulitas linguoidales presentes en la superficie de estratificación de arenitas finogranulares en parte de la secuencia de la sub-Unidad 8a observada en los alrededores de Perpetuo Socorro.



Fotografía 35

Un sector de la secuencia expuesta en el Arroyo Trinidad cerca a la localidad de Tragedia, presenta estructuras sedimentarias como laminaciones rizadas ascendentes localmente deformadas o laminaciones onduladas y paralelas que en sectores son cortadas por otras formas similares, originando una estratificación ondulosa lenticular de pequeña escala.



Fotografía 36

Río Broqueles. Aspecto típico de los materiales constituyentes del Miembro Lutítico Inferior (Unidad 8c). Una capa delgada (1 cm de espesor) de carbón se interpone en la parte media de las lutitas nodulares.



Fotografía 37

Río Broqueles. Aspecto característico de presentación de shales nodulares y de algunos nódulos ferruginosos. Miembro Lutítico Inferior (Unidad 8c).



Fotografía 38

Quebrada Membrillal. Excelente afloramiento del Miembro Membrillal (Unidad 8c), mostrando una sucesión de lutitas y areniscas interestratificadas. Se interponen algunos niveles más duros, de color claro, que corresponden a calizas.

4.3.8.5 Petrografía

Se presenta el análisis en sección delgada de las muestras L-86-195, L-86-362B, L-86-363, L-86-368, L-86-369A, L-86-370A, L-86-383 y L-86-390 correspondientes a la Subunidad 8a, así:

Areniscas líticas, localmente sublíticas, calcáreas o tobáceas; de grano fino predominante, subangular a subredondeado, porosidad intergranular = 8-10%, localmente hasta 26%; baja a localmente alta permeabilidad; cemento arcilloso = 5-10%, localmente hasta 40% de calcáreo. Compuestas por: cuarzo = 24-51%; lutitas = 3-27% plagioclasa angular = 2-8%; chert = 1-8%; hornblenda = 0-6% volcánicos ácidos = 0-3%; volcánicos básicos = 0-3%; clorita = 0-2%; feldespato potásico = 0-1%; cuarcita = 0-1%; clorita = 0-2%; biotita = 0-1%; fragmento de micrita fosilífera = 0-1%; moscovita = 0-1%; trazas de: epidota, glauconita, localmente piroxeno (augita), ceolita, apatito, turmalina, rutilo. Localmente se manifiesta bioturbación.

La muestra 316 (Anexo Petrográfico, Lámina 9, microfotografía 1) observa:

Arenisca con cemento calcáreo. Rasgos texturales iguales a los de la muestra 315B. Porosidad 1-2% visible, probablemente no conectada.

La muestra 375A (Anexo Petrográfico, Lámina 9, microfotografía 2) presenta:

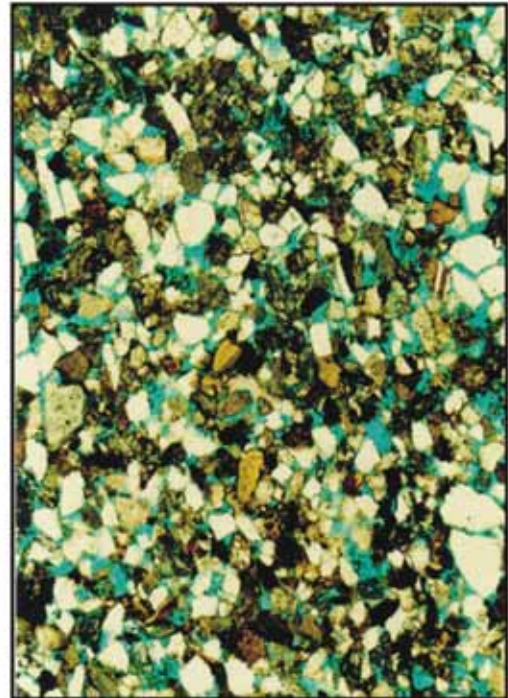
Arenisca (litoarenita). Bien calibrada, 0,06 - 0,20 mm principalmente angular a subangular; cercanamente la mitad de cuarzo/feldespato y la otra mitad máficos/volcánicos; común epidota/clinozoisita (muestra colores anómalos de interferencia). Porosidad 20-25%, generalmente intergranular pura.

LAMINA 9



Microfotografía 1

316: Fragmento de roca volcánica con fenocristales de anfíboles marrón - verde en una matriz de óxidos de hierro, carbonatos y arcilla. Aumento 100 veces.



Microfotografía 2

375A: Arenisca de grano más fino que la 358. La porosidad estimada es de 20%-25%. Magnificación 40 veces.

Otras muestras de la Subunidad 8a son: 302B, 313D, 313E, 315A, 314B, 315B, 374 y 375B (Anexo Petrográfico).

De la Subunidad 8b, las muestras 370A y 370C refieren:

Muestra 370A (Anexo Petrográfico, Lámina 10, microfotografía 1):

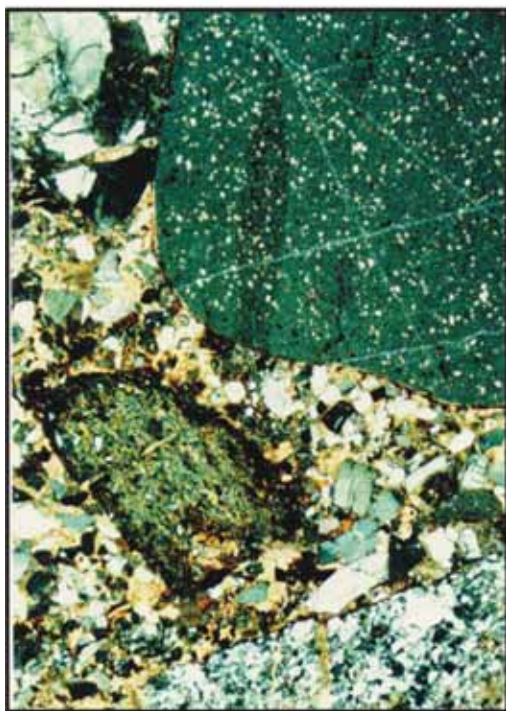
Conglomerados con cemento calcáreo. Calibrado muy pobre, limo hasta 10 mm; cemento de esparita; los clastos grandes incluidos son: 3 fragmentos de rocas volcánicas, 1 de chert, con reemplazamiento parcial a dolomita, 2 fragmentos de cuarcita policristalina (venas o metamórfico), 1 material más fino principalmente proveniente de rocas volcánicas, cuarzo, plagioclasa, con pequeñas cantidades de feldespato alcalino, biotita, y arcilla.

Muestra 370C (Anexo Petrográfico, Lámina 10, microfotografía 2):

Arenisca (litoarenita). Buen calibrado, 0,15 - 0,80 mm; principalmente subangulares; probablemente sobre 2/3 fragmentos de roca volcánica y plagioclasa; cuarzo diseminado (alguno policristalino) y feldespato alcalino; trazas de limolita y “graníticos”. Porosidad 10-15% principalmente de disolución de granos? - feldespato y anfíbol; intergranular limpia?

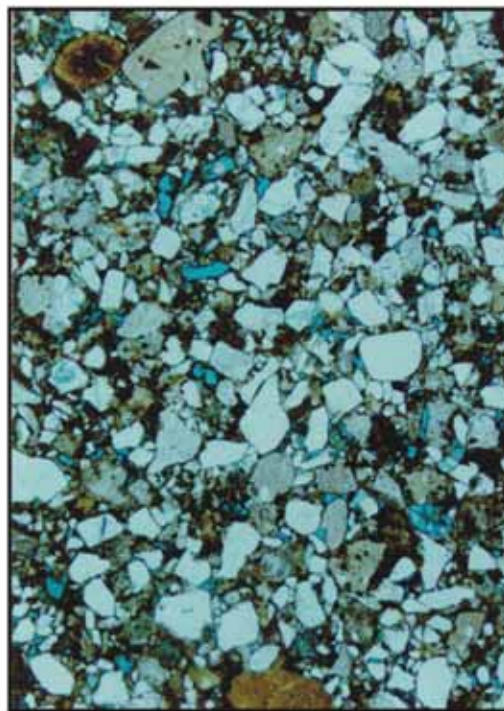
De la Subunidad 8c se analizaron las muestras 306A, 306B, 313B, 309B y 370D, de cuyo análisis se presentan los resultados de las dos últimas:

LAMINA 10



Microfotografía 1

370A: Conglomerado que incluye clastos de chert (parte inferior derecha, minerales volcánicos alterados (parte superior izquierda) y cuarzo microcristalino (izquierda). Magnificación 20 veces, nicoles cruzados.



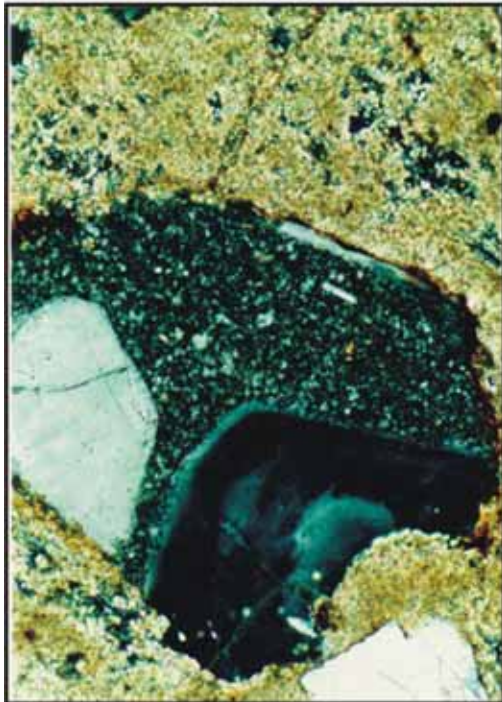
Microfotografía 2

370C: Arenisca pobremente seleccionada. Magnificación 20 veces.

Muestra 309B (Anexo Petrográfico, Lámina 11, microfotografía 1):

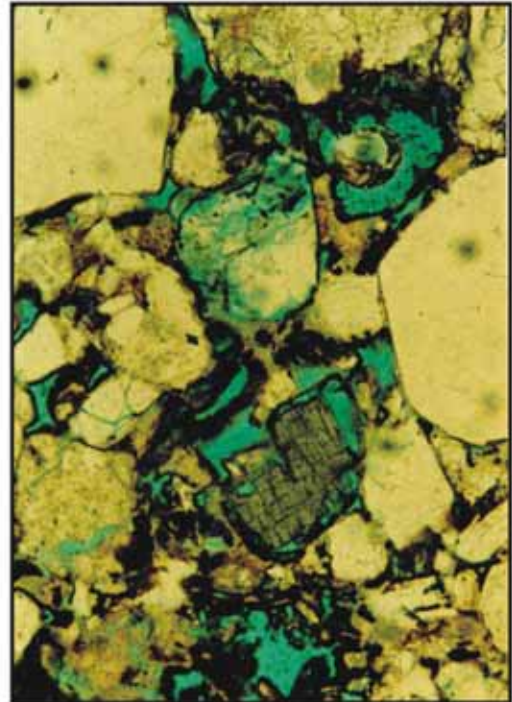
Areniscas con cemento calcáreo. Buen calibrado, 0,2 - 0,6 mm, moda 0,5; interestratificadas con caliza arenosa matrizsoportada (contemporánea); principalmente subangular; escasos foraminíferos y fragmentos de plantas; abundantes tobas volcánicas de grano fino y flujos; algunos fragmentos de rocas plutónicas (cuarzo - mica - feldespato potásico), escasos fragmentos de esquistos micáceos.

LAMINA 11



Microfotografía 1

309B: Armazón de chert dentro del cual se presenta un fragmento de roca de origen volcánico. Aumento 200 veces, nicóles cruzados.



Microfotografía 2

370D: Porosidad secundaria como resultado de oxidación y lixiviación. Los granos parcialmente disueltos corresponden a anfíbol. Magnificación 100 veces.

Muestra 370D (Anexo Petrográfico, Lámina 11, microfotografía 2):

Caliza limosa o shale calcáreo. Principalmente arcilla y carbonato con cuarzo tamaño limo, feldespato, pequeñas cantidades de anfíbol verde, y cantidades traza de moscovita, circón y biotita; reemplazamiento extensivo de feldespato y aparentes briznas de vidrio volcánico (*shards*) reemplazadas por calcita; numerosos “grumos” de óxidos de hierro (provenientes de materia orgánica?).

4.3.8.6 Paleontología y edad.

Del sector del Perpetuo Socorro, las muestras D-85-344, D-85-351, D-85-356B, D-85-359, D-85-316A, D-85-361C y D-85-363 datadas principalmente con base en foraminíferos suministran una edad del Mioceno medio como la más probable.

Del sector de Tragedia, las muestras L-86-369D, L-86-372, L-86-385B, L-86-394 y L-86-401, todas con base en foraminíferos, suministraron una edad del Mioceno tardío como la más probable. Los foraminíferos más comunes son:

Cibicidoides floridanus

Uvigerina cf peregrina

Spaeroidina bulloides

Lenticulina sp

Martinotiella sp

Globigerina praebulloides

Globoquadrina sp

Bolivia cf mexicana

Bolivia floridana

De conformidad con estas dataciones y teniendo en cuenta que el sector de Perpetuo Socorro probablemente ocupa la porción inferior de la Subunidad 8a, ésta equivaldría del Mioceno medio al Mioceno superior.

De la Subunidad 8b se desconoce información paleontológica, mientras que información de foraminíferos y nannoplackton de la Subunidad 8c establece que posiblemente sea equivalente al Mioceno superior.

4.3.8.7 Ambiente sedimentario y facies

Las características mencionadas sugieren que la parte inferior de la Subunidad 8a se depositó en un medio con una energía baja, en aguas relativamente tranquilas, más allá de la costa donde desembocan algunos distributarios. La parte superior de la Subunidad 8a denota localmente características de turbidez y muy seguramente corresponde a depósitos de conos inferiores. Parece que hubo un episodio de incremento en la energía; y se sucedieron fenómenos de turbidez en la parte proximal de conos submarinos (Subunidad 8b).

Un episodio regresivo tiene lugar en tiempos del depósito de la Subunidad 8c, que finaliza en un ámbito de llanuras de marea lodosa. La Unidad Estratigráfica 8 muy probablemente es el correspondiente lateral de facies finas situadas en zonas más someras (Unidad Estratigráfica 7).

4.3.8.8 Correlación

La Unidad Estratigráfica 8 parece que podría correlacionarse con la mayor parte de la secuencia de Pajuil.

4.3.9 Unidad Litoestratigráfica 9 (Ngmp) Unidad Morrocoy – El Pantano

4.3.9.1 Distribución de afloramientos y sección tipo

La Unidad Morrocoy – El Pantano (Ngpm) se constituye de las subunidades 9a, 9b, 9c y 9d que se encuentran bien representadas en el flanco oriental del Sinclinal del Pantano (planchas 50 y 60); un desarrollo más restringido de las últimas tres subunidades se presenta en el Sinclinal de Galilea, aledaño al del Pantano. En el sector entre Los Esquimales y Canalete (Plancha 60) se observan las subunidades en mención, aunque claramente distorsionadas y comprimidas en cuanto a su espesor. En la quebrada Morrocoy (Plancha 50) se realizó una travesa que pueda servir de sección tipo de 9a, 9b y 9c. En el cerro La Ñeca y cuchilla del Tigre, entre otros sitios, se tienen buenos afloramientos de la Subunidad 9a. Afloramientos escasos y bastante meteorizados de las subunidades 9a, 9b y 9c conforman la cuchilla El Limón (Plancha 60), mientras que en la cuchilla Las Divisiones (Plancha 70) se presenta una faja con rocas correspondientes a la Subunidad 9a.

4.3.9.2 Observaciones de campo y litología

Subunidad 9a: constituida por capas gruesas a muy gruesas de arenitas líticas friables a localmente calcáreas, que incluso llegan a ser micritas arenosas; frecuentemente gradan a limolitas, lodolitas y arcillolitas en láminas gruesas, capas delgadas a medianas (Fotografía 39). En la mayoría de los casos, las arenitas calcáreas son de grano fino a mediano y presentan fósiles bien conservados de bivalvos, gasterópodos, ostrácodos, corales, vértebras de peces y otros. En algunos afloramientos, la concentración y el tamaño de los fósiles a la base de las capas origina conglomerados arenosos fosilíferos que decrecen en tamaño y contenido hacia el techo, y generan capas o secuencias granodecrecientes.

En los materiales más finos se presentan abundantes hojas y troncos muy bien conservados y en algunos sitios se observan láminas de *shale* carbonoso o gasterópodos bien preservados (Fotografía 40). Concreciones ferruginosas o calcáreas se encuentran distribuidas a lo largo del segmento, mientras que estratificación cruzada en artesa se observó en arenitas de la parte inferior de la secuencia. En general, las arenitas muestran intraclastos de lutitas grisáceas, superficies de erosión, estratificación ondulosa lenticular y marcas de corrientes. El color de las arenitas en muestra fresca es amarillo grisáceo claro a

gris verdoso claro, meteorizadas con amarillo oscuro a pardo amarillento; las lutitas son gris claras, verde oliva, gris amarillento y negras.

En la cuchilla Las Divisiones se presenta a la base un conglomerado arenoso de carácter local y de poca extensión norte sur; constituido por guijos > guijarros, matriz de arena mediana a muy gruesa 20-30% y cemento calcáreo 10-15%. La composición es de cuarzo lechoso a hialino, chert negro o grisáceo y fragmentos de: caliza, arenita calcárea, limolita calcárea y lutitas grises oscuras.

La Subunidad 9a tiene aproximadamente un 5-10% de conglomerados arenosos fosilíferos, 25-30% de arenitas, 10-15% de limolitas y 45-60% de lutitas.

Subunidad 9b: constituida por capas delgadas a muy gruesas de arenitas de color pardo amarillento claro que se intercalan o gradan a lutitas gris pardo o gris oscuro (Fotografía 41).

Las arenitas son líticas, de grano fino a mediano, friables a localmente calcáreas, de contactos netos ondulosos a gradacionales, conforman una geometría ondulosa lenticular, y se observa estratificación gradada normal y estratificación cruzada en artesa de gran magnitud. A la base de capas arenosas se manifiestan estructuras de corte y relleno, intraclastos de lutitas y formas propias de rellenos de canales (Fotografía 42). En sectores se presentan pocos niveles que contienen conchas de moluscos y gasterópodos, algunos con manifestaciones de retrabajamiento. A menudo, el contacto entre arenitas y lutitas está precedido por laminaciones endurecidas de limolita, las cuales representan costras o superficies de oxidación y endurecimiento.

En las arenitas se identificó bioturbación del tipo *Skolithos* y, al igual que en las lutitas, se presentan esporádicos restos de plantas; las concreciones calcáreas observadas alcanzan hasta 45 cm de diámetro.

Las lutitas muestran una estratificación maciza u horizontal, su porcentaje de ocurrencia es aproximadamente del 60% a 70%, mientras que las arenitas ocurren en un 30% a 40%.

Subunidad 9c: constituida por capas gruesas a muy gruesas de conglomerados arenosos bioclásticos de color amarillo pardo a gris claro, que varían lateral y verticalmente a capas medianas hasta muy gruesas, de arenitas líticas de color gris amarillento a pardo amarillento; éstas a su vez se interestratifican con capas delgadas a muy gruesas de limolitas fosilíferas verde oliva a gris amarillento y a lutitas gris oscuras a amarillentas.



Fotografía 39

En la Cuchilla El Limón frecuentemente se observan capas ondulosas lenticulares de arenitas calcáreas fosilíferas, interpuestas en lutitas, lo cual caracteriza gran parte de la sub-Unidad 9a.



Fotografía 40

Un rasgo notable en la Unidad 9 y en este caso en la sub-Unidad 9a es el de presentar un importante contenido de macrofósiles, como los gasterópodos visibles en esta fotografía. Observación realizada en la Cuchilla El Limón.



Fotografía 41

Disposición secuencial de la sub-Unitad 9b en la Cuchilla El Limón, donde son frecuentes las capas arenosas de geometría lenticular y estratificación cruzada.



Fotografía 42

En la parte media de la fotografía tomada en la Cuchilla El Limón se observa un contacto curvado que posiblemente manifiesta un acanalamiento en este sector de la secuencia arenosa de la sub-Unitad 9b.

Los conglomerados arenosos bioclásticos consisten de conchas fragmentadas o mal preservadas de gasterópodos, lamelibranquios, ostrácodos, vértebras de peces (hasta 15 cm de diámetro), guijos de limolitas calcáreas, chert negro, cuarzo, porcelanitas, lutitas, en una matriz arenosa que no supera el 40%; generalmente son bien cementadas por carbonato 15-25%, con porosidad y permeabilidad nula. La matriz de estos conglomerados varía transicionalmente hasta conformar capas macizas de arenitas de grano fino a mediano, de buen a regular calibrado, con un 10-15% de cemento calcáreo, predominantemente baja porosidad y permeabilidad ausente.

Las limolitas fosilíferas presentan bioclastos de menores dimensiones, los cuales se encuentran mejor preservados, en tanto que en las lutitas se hacen notorios algunos remanentes de plantas. Localmente y a la base se desarrolla un conglomerado arenoso lítico gris amarillento, conformado por guijos y guijarros en una matriz de arena de grano fino a mediano. Éste se presenta regularmente compactado, compuesto esencialmente por clastos de limolitas calcáreas, lutitas, cuarzo y chert negro, que varían lateral y verticalmente a los conglomerados arenosos bioclásticos anteriormente descritos.

Dentro de la Subunidad 9c se observó, principalmente, estratificación gradada inversa, en menor proporción gradada normal, además de superficies de erosión, acanalamiento y relleno, y también marcas de limado. La geometría para las capas conglomeráticas y arenosas es ondulosa lenticular y para las limolitas - lutitas es tabular.

En la Subunidad 9c se determinó aproximadamente un 30% de lutitas, un 40% de limolitas y un 30% de arenitas y conglomerados.

Subunidad 9d: constituida por una intercalación de capas delgadas a gruesas de lutitas gris amarillentas a pardo rojizas y capas delgadas a medianas de arenitas líticas de color gris amarillento a amarillo claro.

Las lutitas aparentemente muestran finos restos vegetales diseminados y, en algunos sitios, cuando se tornan ligeramente arenosas se observa la estratificación interna plana paralela. Las arenitas son de grano muy fino, bien seleccionadas, moderadamente compactas, de porosidad y permeabilidad baja, localmente con moluscos de tamaño pequeño (hasta 2 cm de diámetro) bien conservados. La estratificación característica es horizontal en capas de aspecto tabular delgado, y se observan restos de plantas o pobre bioturbación en algunas superficies de estratificación.

4.3.9.3 Espesor

Subunidad 9a: en la quebrada Morrocoy sólo se midieron 430 m, y puede tener aproximadamente 900 m en la misma sección y alcanzar más de 1.700 m en la terminación periclinal del Sinclinal de Pantano, en tanto que en la cuchilla El Limón únicamente afloran 200 m de la parte superior de esta subunidad. En la cuchilla Las Divisiones, el conglomerado de la base tiene un espesor de 120 m y toda la Subunidad 9a alcanza más de 380 m.

Subunidad 9b: de espesor muy variable, presenta unos 280 m en la quebrada Morrocoy, 1.100 m en el Sinclinal del Pantano, 200 m en la cuchilla El Limón, pero en muchos otros sitios, como, por ejemplo, en la cuchilla de Armenia, casi desaparece completamente bajo la inconforme Subunidad 9c.

Subunidad 9c: se midieron más de 430 m en la quebrada Morrocoy que alcanza aproximadamente unos 1.300 m en el Sinclinal del Pantano; en la cuchilla El Limón presenta un espesor mayor de 300 m.

Subunidad 9d: se desconoce su espesor verdadero, pero se estima que en el Sinclinal del Pantano y sectores aledaños alcanza más de 300 m.

4.3.9.4 Contactos

Tanto el techo como la base de la unidad no se observaron directamente; sin embargo, las características litológicas y fotogeológicas permiten deducir que los contactos superior e inferior de la Unidad 9 son inconformes. Pruebas parciales de esto se suministran si se analiza el conglomerado de la base de la Subunidad 9a en la cuchilla Las Divisiones o la disposición de las distintas unidades que reposan sobre la Unidad 9.

De otra manera, aparecen inconformes también los contactos entre las subunidades 9b y 9c, que se observan en la quebrada Morrocoy, y entre las subunidades 9c y 9d, deducido en el sector del Sinclinal del Pantano. En la quebrada Morrocoy y en la cuchilla El Limón el contacto entre 9a y 9b es concordante.

4.3.9.5 Petrografía

De la Subunidad 9a se analizaron las siguientes secciones delgadas: L-86-88, L-86-93, L-86-96, L-86-97, L-86-100A, L-86-100B, L-86-122 y B-86-422A, y se obtuvo los siguientes resultados:

Arenitas líticas a arenitas líticas calcáreas, de grano muy fino a mediano predominante sobre grueso, preferentemente subredondeados; porosidad muy baja, localmente intergranular, hasta 7%, permeabilidad baja a nula; cemento calcáreo = 20-35%, localmente intergranular, hasta 7%, localmente 55% (caliza terrígena); pseudomatriz a partir de líticos arcillosos. Compuestas por cuarzo = 10-43%; fragmentos de lutitas = 5-28%; plagioclasa = 2-8%; chert = 2-7%; volcánicos = 3-18%; filitas - esquistos = 0-2%; biotita = 0-3%; moscovita = 1-2%; hornblenda = 0-3%; clorita = 0-4%; glauconita = 0-2%; opacos = 0-3%; epidota = 0-2%; micrita = 0-1%; fragmentos de cuarzo - arenitas = 0-1%; cuarcita = 0-1% y trazas de: feldespatos potásico, circón, turmalina y apatito.

La muestra L-86-101 es una **biomicrita**, con terrígenos de tamaño fino o mediano, cemento calcáreo = 74%; bioclastos = 18%; cuarzo = 3%; plagioclasa = 1%; lutitas = 1%; chert = 1%; cuarcita = 1%; esquistos = 1%; glauconita = 1%; hornblenda = 1% y trazas de: epidota, biotita, moscovita, turmalina.

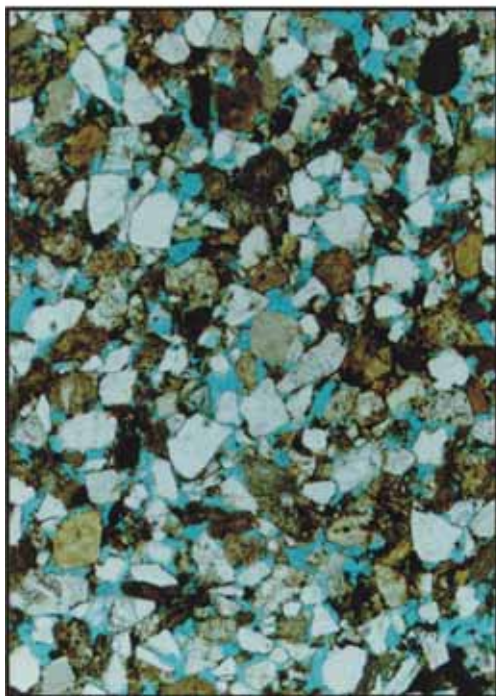
La muestra 358 (Anexo Petrográfico, Lámina 12, microfotografía 1) arrojó el siguiente resultado:

Arenisca limpia de grano muy fino. Ligeramente más gruesa que la muestra 357, buen calibrado, 0,10 - 0,40 mm porosidad 30% visible, primaria intergranular.

Las muestras L-86-75, L-86-141A y L-86-141C, procedentes de la Subunidad 9b, suministraron los siguientes resultados:

Arenitas líticas a arenitas líticas calcáreas, de grano muy fino a grueso, principalmente subangulares, pobre porosidad, baja permeabilidad; cemento silíceo, calcáreo y ferruginoso 1-34%; matriz ausente a localmente 23%. Compuestas por: cuarzo = 30-38%; fragmentos de lutitas = 3-28%; plagioclasa = 4-8%; volcánicos = 2-3%; clorita = 1-5%; moscovita = 1-4%; chert = 1-3%; opacos = 1-2%; biotita = 0-2%; hornblenda = 0-1%; epidota = 0-1% y trazas de glauconita.

LAMINA 12



Microfotografía 1

358: Arenisca inmadura proveniente de una estructura dia-pirica. Magnificación 40 veces.



Microfotografía 2

469: Arenisca calcárea, bien calibrada, con numerosos clastos opacos de origen desconocido, aparentemente de origen tobáceo. Magnificación 20 veces.

Las secciones delgadas de las muestras 450B, 450C, L-86-123, L-86-124, L-86-134 y L-86-216, proveyeron el siguiente análisis que caracteriza la petrografía de la Subunidad 9c:

Arenitas líticas a arenitas líticas calcáreas fosilíferas, de grano muy fino a grueso, subredondeado a subangular; porosidad intergranular a vugular = 0-2%; baja permeabilidad; cemento silíceo o arcilloso = 10-16%, localmente hasta 23% y pseudomatriz a partir de líticos arcillosos. Compuestas por: fragmentos de lutitas = 4-48%; cuarzo = 24-38%; fragmentos de fósiles = 0-24%; chert = 3-6%; plagioclasa = 2-8%; moscovita = 1-7%; volcánicos = 1-3%; biotita = 0-5%; epidota = 0-3%; clorita = 0-2%; opacos (muestra carbonosa) = 0-4% y trazas de circón y cuarcita.

Adicionalmente, la muestra 469 (Anexo Petrográfico, Lámina 12, microfotografía 2) observa:

Arenisca de grano fino. Buen calibrado, granos subredondeados, cemento calcáreo y posibles clastos de origen tobáceo.

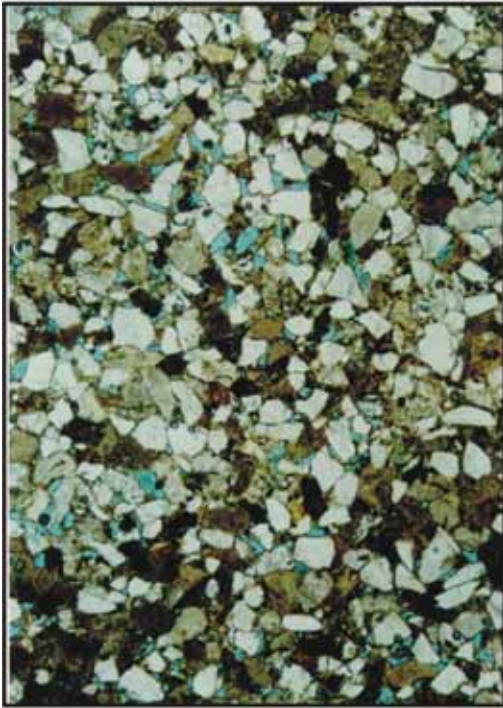
De la Subunidad 9d se observaron al microscopio las muestras 360B, 398A, L-86-125, y se obtuvo lo siguiente:

Arenita lítica, de grano fino, subredondeado; porosidad intergranular = 11%; cemento arcilloso = 6%. Compuesta por: cuarzo = 32%; chert = 23%; volcánicos = 8%; plagioclasa = 3%, cuarcita = 1%; trazas de: clorita, glauconita, epidota, biotita, moscovita, agregados aciculares de pumpellyita provenientes de rocas basálticas alteradas, filitas y esquistos cuarzo - sericíticos.

La muestra 472 (Anexo Petrográfico, Lámina 13, microfotografía 1) refiere:

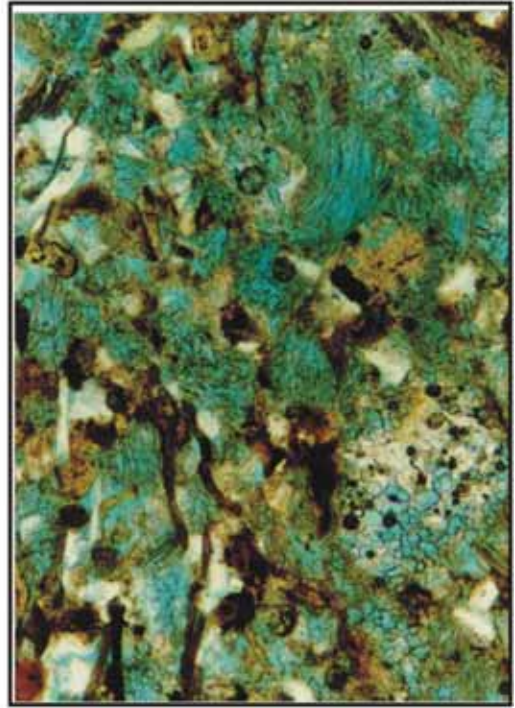
Arenisca de grano fino. Buen a regular calibrado, subangular a subredondeado. Porosidad 10-15%.

LAMINA 13



Microfotografía 1

472: La porosidad presente en esta arenisca se debe a la disolución de minerales inestables como feldespatos y fragmentos de rocas. Nótese que los óxidos de hierro circundan cada poro, sugiriendo lixiviación por aguas meteóricas. Aumento 20 veces.



Microfotografía 2

320C: Muestra con fragmentos de pumita pequeña. La porosidad intragranular es alta pero principalmente no efectiva. Aumento 100 veces.

Descripciones de las muestras 360B y 398A, pertenecientes a esta subunidad se encuentran en el Anexo Petrográfico.

4.3.9.6 Paleontología y edad

La datación para la Unidad 9 se basa en la asociación de moluscos y pocos foraminíferos, los cuales, en opinión de consultores nacionales, son similares a los que se presentan en las formaciones Gatún de Panamá, Cerrito y Tubará de Colombia, a las que se les asigna una edad del Mioceno tardío - Plioceno temprano.

Los foraminíferos presentes en las subunidades 9a y 9b son:

Globigerinoides trilobus

Hanzawaia cf califonia

Orbulina universa

Nonion sp

Ammonia beccarii

Norcionina basispinata

Bulimina mexicana

En la Subunidad 9c, además de la presencia de *Globigerinoides trilobus* y *Ammonia beccarii* se halló *Globigerina praebulloides*; para la Subunidad 9d no hubo determinación micropaleontológica.

4.3.9.7 Ambiente sedimentario y facies

La Unidad 9 caracteriza una secuencia de facies mixtas, siliciclásticas y bioclásticas, bien desarrollada en la parte central y sur del área de estudio, depositada inicialmente en un ambiente marino de poca profundidad, con distributarios que periódicamente llegaban a éste, pero que denota una baja energía, condiciones favorables de vida, con periódicos retrocesos del mar, que ofrecían la posibilidad de dejar remanentes bien conservados de plantas y niveles carbonosos, en zonas cenagosas o de *lagoon* (Subunidad 9a), donde progresivamente se instalaron canales fluviales (Subunidad 9b), la energía del medio se incrementó, hasta un punto de depósitos correspondientes a la denominada Subunidad 9c, que cortó sucesivamente sedimentos preexistentes, y generó tal sucesión bioclástica. El evento deltaico finaliza con el depósito de los materiales de un subambiente de *delta topset*, donde ya la energía del medio es menor y sedimentos finogranulares cubren los depósitos precedentes (Subunidad 9d). Si se toman en conjunto las condiciones anotadas para la Unidad 7 y la Unidad 9 se puede concluir que conforman una secuencia de facies regresiva, desarrolladas en un ambiente deltaico.

La Unidad 9 varía litofacialmente hacia el noroeste a la Unidad 11, y presenta una facies bioclástica cuyos límites son diacronos.

4.3.9.8 Correlación

Por su carácter litológico, no existe en la literatura una unidad litoestratigráfica que se correlacione exactamente con la Unidad 9. En la región de Urabá se menciona la presencia de la denominada Formación Corpa en el mismo intervalo cronoestratigráfico, pero sus características son bastante diferentes a las aquí anotadas; en cambio, la Formación Corpa parece tener equivalencia litofacial con la Unidad 12 que más adelante se describe.

4.3.10 Unidad Litoestratigráfica 10 (Ngam) – Unidad Arenas Monas

4.3.10.1 Distribución de afloramientos y sección tipo

La Unidad Arenas Monas (Ngam) se dispone de manera muy amplia en el núcleo de los sinclinales de El Carmen (Plancha 60) y Santa Catalina (Plancha 70). Los afloramientos de esta unidad se encuentran discontinuos y esparcidos, y no se logró obtener una sección tipo.

Las localidades donde se reconoció la Unidad 10 son: carretables de Cadillo - Plan Parejo, El Carmelo - El Tomate, El Carmelo-Naranjitas, San Pedro de Urabá - San Vicente del Congo, además de la quebrada La Arenosa y los alrededores de Arenas Monas.

4.3.10.2 Observaciones de campo y litología

Consiste de secuencias rítmicas y de carácter granodecreciente (*fining-upward sequence*) que incluyen a la base conglomerado arenoso de guijos que varían a arenitas conglomeráticas, arenitas y lutitas al techo (Fotografía 43). Los conglomerados arenosos ocurren en un 5% de la secuencia total, y presentan guijos hasta de 6 cm embebidos en una matriz de arenita de grano mediano a muy grueso, subredondeados a subangulares, friables a localmente cementados por carbonato 5-10%; porosidad pobre a moderada 2-10%; permeabilidad escasa. Compuesta esencialmente por cuarzo, fragmentos líticos y chert negro.

Las arenitas conglomeráticas - arenitas se presentan en un 80% de la secuencia (Fotografía 44), son de grano fino a grueso y guijos pequeños (hasta de 1 cm), subredondeados a subangulares; con un 5-10% de matriz arcillosa, friables o cementadas por carbonato u óxidos de hierro 8-12%; la porosidad intergranular es moderada a localmente alta 8-15%; permeabilidad pobre a nula. De composición similar a la de los conglomerados; contiene, además, moscovita e intraclastos de arcilla. Existe un notorio aumento de chert negro en las rocas expuestas en el Sinclinal de Tucurá. Se disponen en capas gruesas a muy gruesas, de aspecto macizo con desarrollo local de estratificación cruzada plana de gran escala, en sectores es ligeramente ondulosa; de contactos gradacionales entre arenitas y arenitas conglomeráticas y neto plano con lutitas.

El color de los conglomerados y arenitas en roca fresca es gris amarillento claro a gris claro y pardo, anaranjado oscuro o amarillo grisáceo en muestra meteorizada.

Las lutitas ocurren en un 15%, son de color gris verdoso; localmente teñidas de morado a rojo, blandas, macizas, en sectores propiamente limolitas, generalmente calcáreas y micáceas, en capas delgadas, de color gris verdoso claro.

En la quebrada La Arenosa, a la base ocurre un conglomerado arenoso constituido por guijos y guijarros en una matriz de arena mediana a muy gruesa y guijos pequeños, su espesor aproximadamente es de 30m.

4.3.10.3 Espesor

En las Arenas Monas se estima un espesor de 900 m y en la quebrada La Arenosa aproximadamente 1.300 m.



Fotografía 43

Típica estratificación granodecreciente observada en la quebrada La Arenosa. Tal disposición se expresa por capas conglomeráticas que decrecen rápidamente a arenitas, formando parte de secuencias repetitivas.



Fotografía 44

Aspecto característico de la facies arenosa-conglomerática correspondiente a la Unidad 10, observada en la carretera de Brinca y Pea a Arenas Monas.

4.3.10.4 Contactos

No fueron observados directamente en el campo. El contacto inferior aparece inconforme sobre diferentes unidades, así, por ejemplo: en Santiago de Urabá y en Santa Catalina yace sobre la Subunidad 9b. En la cuchilla Las Divisiones reposa sobre 9a y en El Limón sur sobre 9c.

Fotogeológicamente se determinó que el contacto superior es inconforme entre los estratos plegados de la Unidad 10 y la disposición horizontal de la Unidad 14 en la región abarcada por la Plancha 60.

4.3.10.5 Petrografía

Se analizó la muestra B-86-257B cuyo resultado fue:

Arenita lítica de grano fino a grueso, subredondeados a subangulares; cemento arcilloso impregnado de óxidos de hierro = 14%; porosidad extremadamente baja y permeabilidad nula. Compuestas por: fragmentos de lodolitas arcillosas = 34%; cuarzo = 29%; chert = 5%; volcánicos cloritizados = 5%; plagioclasa = 4%; biotita = 2%; clorita = 1%; opacos (magnetita, hematita, leucoxeno) = 10%; trazas de moscovita y glauconita.

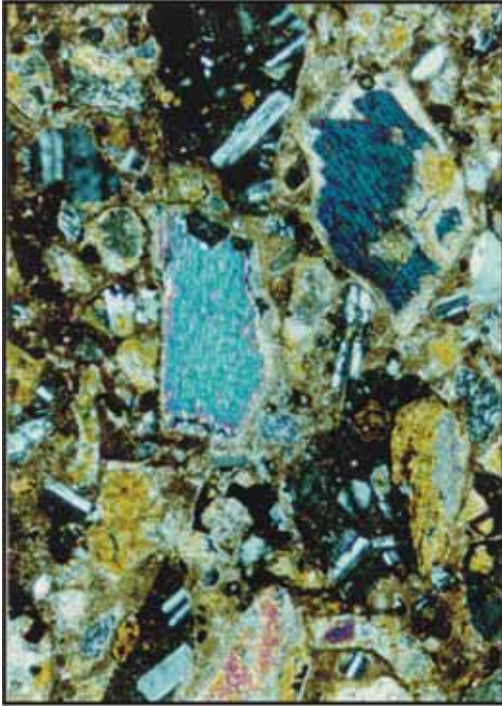
Las muestras 320c y 381 (Anexo Petrográfico, Lámina 13, microfotografía 2 y Lámina 14, microfotografía 1, respectivamente) arrojaron los siguientes resultados:

Muestra 320C: **arenisca** finamente laminada (planar). Buen calibrado, 0,10 - 0,25 mm; capas de clásticos claros con abundante pumita intersticial que gradan en capas llenas con desechos altamente alterados producto de la meteorización de ceniza volcánica; cerca de la mitad de los clásticos son pesados o fragmentos de rocas volcánicas. Porosidad variable; arriba del 30% en láminas limpias y un porcentaje menor en zonas “sucias”; gran parte de la porosidad es inefectiva, ya que ésta ocurre en fragmentos de pumita.

Muestra 381: **arenisca (litoarenita)**. Pobre calibrado, 0,1 - 2,0 mm; compuesta primariamente de fragmentos de roca volcánica básica (andesita/basalto); fenocristales de plagioclasa y clinopiroxeno en una matriz de feldespato y vidrio; mucha alteración de clinopiroxenos a calcita, clorita, serpentina? y epidota fina; otros tipos de rocas volcánicas también están presentes, incluidos diversos granos con posibles granos de olivino totalmente alterados; foraminíferos planctónicos rotos y enteros diseminados, que indican ambiente marino, posiblemente depositados en aguas profundas.

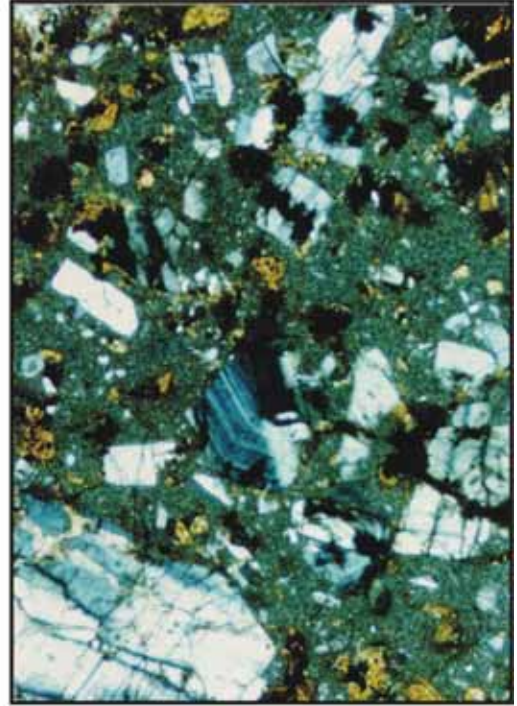
Adicionalmente se observaron las muestras 321B y 323A (Anexo Petrográfico).

LAMINA 14



Microfotografía 1

381: Arenisca que presenta clinopiroxenos coloreados y en diferentes estados de alteración, numerosas plagioclasas zonadas dentro de fragmentos de rocas volcánicas, lo cual sugiere una fuente basáltica. Magnificación 40 veces, nicoles cruzados.



Microfotografía 2

400B: Roca constituida por cuarzo, plagioclasa zonada, biotita, óxidos de hierro y feldespato. Aumento 100 veces, nicoles cruzados.

4.3.10.6 Paleontología y edad

Las muestras B-86-341B y B-86-553 indican una edad del Mioceno tardío al Plioceno temprano de acuerdo con los siguientes especímenes:

Uvigerina isidroensis

Buliminella sp

Bulimina aff. *mexicana*

Uvigerina cf *peregrina*

Buliminella curta

Globigerinoides trilobus

4.3.10.7 Ambiente sedimentario y facies

Por su carácter litológico y distribución, sugiere un depósito resultante de alguna fase importante del tectonismo del área, sedimentado cíclicamente por corrientes de alta energía al principio de cada evento y que finaliza con materiales muy finos propios de zonas interdistributarias. Fisiográficamente esto podría corresponder a locales áreas emergidas que paulatinamente se demolieron y depositaron en un medio subacuoso hasta su arrasamiento total.

Esta facies, por su carácter de ocurrencia regional restringida, puede confundirse con otras similares presentes en el área.

4.3.10.8 Correlación

Al oeste del río Sinú se correlacionan diferentes horizontes conglomeráticos de posiciones estratigráficas diversas, y aun facies finas con la denominación de Formación Corpa (Haffer 1963). Esta unidad litoestratigráfica es infrayacente a tal formación y, por lo que se conoce en la literatura, no existe un término de referencia para establecer una correlación.

4.3.11 Unidad Litoestratigráfica 11 (Ngb) – Unidad Broqueles (Río Broqueles, Quebrada Membrillal y Matavaca/El Limón)

4.3.11.1 Distribución de afloramientos y sección tipo

Las subunidades 11a y 11b de la unidad Broqueles (Ngb) se encuentran bien representadas, y conforman el flanco oriente del Sinclinal de Moñitos; la Subunidad 11c representa de manera indiferenciada a las dos anteriores y se encuentra formando parte del Sinclinal de El Limón (planchas 43 y 50). Secciones tipo de las subunidades 11a y 11b fueron levantadas

en la quebrada Membrillal y el río Broqueles, en tanto que de la denominada Subunidad 11c se observaron algunos afloramientos en el trayecto cuchilla de Matavaca - El Limón y de Bajo Blanco hacia el sur.

4.3.11.2 Observaciones de campo y litología

Subunidad 11a (Miembro Limolítico): limolitas de color gris azulado medio a gris pardo en muestra fresca, que varía a gris blanco amarillento o pardo claro en muestra meteorizada. De aspecto macizo a blocoso, en capas que fluctúan entre 30 cm y 6m; ocasionalmente grada a arenisca muy fina - limosa y en sectores desarrolla estratificación cruzada, la que es destruida parcialmente por bioturbación. Ligeramente micromicácea, contiene fauna de pelecípodos y gasterópodos (preferentemente *Turritela* sp.) (Fotografía 45).

Desarrolla lentes limoníticos o ferrosos de hasta 30 cm de grosor, concreciones ferruginosas, calcáreas y capas lenticulares de arenisca muy fina con guijos de chert flotantes, fragmentos de fósiles que posiblemente constituyen rellenos de canales y depósitos de regueras de tormentas. Donde estas capas arenosas se presentan, se advierten algunos remanentes de plantas y, por lo general, se ubica a la base del miembro (Fotografía 46).

Subunidad 11b (Miembro Lutítico superior): lodolitas que gradan parcialmente a arcillolitas de color gris azulado en muestra fresca y de color gris claro a pardo en muestra meteorizada. De aspecto nodular a blocoso, es ligeramente una secuencia con contenido limoso notorio, con fragmentos de pequeños pelecípodos y gasterópodos (*Turritela* sp.), escasa presencia de concreciones ferruginosas, se manifiestan en sectores fragmentos de plantas o carbonosos y, en proporción escasa, lentes delgados de arenisca finogranulares/limolitas.

Subunidad 11c (Miembro Limolítico - Lutítico indiferenciados): a la base se presenta un paquete que se distingue morfológicamente por presentar un relieve abrupto. Consiste de arenitas a calizas terrígenas fosilíferas intercaladas con arenitas friables de grano fino, bien seleccionada; ambas de pobre a nula porosidad y permeabilidad (Fotografía 47).

Las arenitas calcáreas fosilíferas a calizas terrígenas presentan abundantes gasterópodos (*Turritela* sp), en menor proporción pelecípodos. El color de los materiales presentes es gris verde oliva a gris amarillento claro en muestra meteorizada. La porción restante de esta subunidad está constituida por arenitas que se intercalan con lutitas y limolitas, las cuales predominan en ocurrencia.



Fotografía 45

Río Broqueles. Alta concentración de moluscos bien preservados (en su mayoría gasterópodos, por ejemplo: *Turritella* sp.). Miembro limolítico (Unidad 11a).



Fotografía 46

Carretera Moñitos-Montería cerca de Río Broqueles. Miembro Limolítico (Unidad 11a) constituido por limolitas calcáreas que presentan restos fósiles y pelecipodos de mediano a gran tamaño.

Las arenitas son de grano fino, bien seleccionadas, localmente con gasterópodos (*Turritela* sp.) y pelecípodos hasta de 3 cm de longitud, bien preservados y de concha delgada; con nula o escasa porosidad y permeabilidad. Compuestas por cuarzo, chert negro, fragmentos de rocas y plagioclasa, entre otras. Localmente presentan cemento calcáreo = 10%. Se observan ondulitas de corriente, estratificación cruzada festoneada de pequeña a gran magnitud, acanalamiento, superficies de erosión y relleno; el color de las rocas en muestra meteorizada es verde oliva amarillento a amarillo verdoso; en muestra fresca, gris verdoso claro (Fotografía 48).

Las lutitas y limolitas (80% del total) presentan laminación plana paralela a ligeramente ondulosa con colores pardo verdoso a pardo rojizo en muestra meteorizada, gris claro a gris verdoso en muestra fresca.

En sectores se presentan concreciones ferruginosas de forma ovalada y hasta de 15 cm de diámetro mayor observado.

4.3.11.3 Espesor

En el área de Broqueles, de la Subunidad 11a fueron medidos más de 1.100 m y de la Subunidad 11b casi 400 m. Se calcula que en el sector de Matavaca, la Subunidad 11c puede alcanzar 1.000 m de espesor.

4.3.11.4 Contactos

El contacto inferior de la Subunidad 11 es inconforme sobre la Subunidad 8c en el área de Broqueles y sobre la Subunidad 8a en el sector de Matavaca, en tanto que el contacto superior es inconforme con depósitos cuaternarios en ambos sectores.

No se observó el contacto entre las subunidades 11a y 11b, pero las características fotogeológicas sugieren que sea inconforme.



Fotografía 47

1 km al sur de Junin. Intercalaciones de lutitas-areniscas se interpretan como propias de ambientes turbidíticos.



Fotografía 48

1 km al este de San Anterito. Areniscas finogranulares con desarrollo de ondulitas linguoidales se interestratifican con limolitas y lodolitas.

4.3.11.5 Petrografía

Se observaron las muestras 347B, 347C, 349 procedentes de la Subunidad 11a; 400D, 477B procedentes de la Subunidad 11b y 401C, 400B y 397C de la Subunidad 11c. De las dos últimas muestras se extractan los siguientes resultados:

Muestra 400B (Anexo Petrográfico, Lámina 14, microfotografía 2):

Arenisca. Pobre calibrado; limo hasta 0,8 mm; fragmentos de roca volcánica frecuentemente con fenocristales de plagioclasa y máficos (probablemente hornblenda) alterados a biotita y óxidos de hierro. Porosidad 5-10%, cantidades subiguales de porosidad primaria intergranular y secundaria por disolución de granos inestables.

Muestra 397C (Anexo Petrográfico. Lámina 15, microfotografía 1):

Arenisca, con laminación planar. Muy pobre calibrado; limo aproximadamente 3 mm; fosilífera (principalmente foraminíferos planctónicos); numerosos clastos de lodo limosos de aproximadamente 3 mm porosidad no visible, espacio intersticial ocupado por arcilla o carbonato.

4.3.11.6 Paleontología y edad

De numerosas muestras analizadas para nannoplankton y foraminíferos se deduce que la Subunidad 11a se depositó en el Plioceno temprano, mientras que la deposición de la Subunidad 11b corresponde del Plioceno medio al Plioceno tardío.

4.3.11.7 Ambiente sedimentario y facies

La Subunidad 11a denota características de mares someros y aireados que permitieron el desarrollo de organismos vegetales y animales, con periódicas oscilaciones en la energía del medio, y se manifiestan canales distributarios o depósitos de regueras de tormentas. Al parecer, la Subunidad 11b se depositó en zonas un poco más alejadas del área fuente, y caracterizan un medio nerítico externo de baja energía. La Unidad 11 es aproximadamente el equivalente más moderno de la Unidad 9, y estas unidades determinan un carácter isópico y heterocrono.

4.3.11.8 Correlación

No existe en la literatura una unidad litoestratigráfica de posible correlación con la Unidad 11. La información de microforaminíferos parece sugerir una posible correlación con la Formación. Tubará.

4.3.12 Unidad Litoestratigráfica 12 (Ngh) – Unidad Cachaco (Corpa inferior)

4.3.12.1 Distribución de afloramientos y sección tipo

La Unidad Cachaco (Ngh) ocupa el núcleo de los sinclinales de Jaraguay (Plancha 70) y Tucurá (Plancha 80), y los afloramientos se encuentran en un sector de la carretera Valencia - San Pedro de Urabá (Plancha 70) y cerca al volcán de lodo Cachaco por el camino de Jaraguay (Plancha 70), sectores que se sugieren para un próximo trabajo como secciones tipo de esta unidad. Otras localidades donde se presenta la Unidad 12 son: carretable de Valencia a El Guadual (Plancha 80) y la quebrada Naín (Plancha 80).

4.3.12.2 Observaciones de campo y litología

Constituida esencialmente de conglomerados arenosos polimícticos que varían a arenitas ligeramente conglomeráticas, en capas muy gruesas y macizas de color gris claro a gris amarillento con tonos rojizos a parduscos (Fotografía 49).



Fotografía 49

Aproximadamente 2 km al norte de José Manuel. Conglomerados clastosoportados, polimícticos que varían a areniscas de grano medio-grueso se interpretan como depósitos de turbiditas proximales.

Los conglomerados son localmente clastosoportados de gujarros y guijos con tamaños de hasta 20 cm de diámetro y una clase modal entre 4 y 7 cm; generalmente se observan incluidos en una matriz de conglomerado arenoso fino a arenita conglomerática de grano mediano a muy grueso y guijos pequeños (hasta 1 cm); son preferentemente

subredondeados y con esfericidad moderadamente baja; se presentan moderadamente consolidados y localmente se observa cemento ferruginoso 3-5%; la porosidad intergranular es moderada a alta 12-20% y moderada permeabilidad. Se componen de chert negro >30% (en la quebrada Naín alcanza un 80% del total), chert laminado o bandeado y chert grisáceo = 10%; cuarzo lechoso 10%; cuarcita <5%; arenitas conglomeráticas cuarzosas y líticas, y limolitas laminadas >20%.

Los conglomerados descritos varían tanto vertical como horizontalmente y de forma transicional a arenitas ligeramente conglomeráticas de grano mediano a grueso y guijos muy finos con similares características a las mostradas por los conglomerados.

Son especialmente notables las grandes superficies de acanalamiento visibles en gran parte de la secuencia, algunas de las cuales se superponen y cortan mutuamente; en las porciones arenosas se identificó estratificación cruzada ondulosa de gran escala y estratificación gradada normal e inversa.

4.3.12.3 Espesor

Por la disposición estructural se deduce que en la sección Valencia - San Pedro de Urabá tiene un espesor mayor a 700 m.

4.3.12.4 Contactos

No se observaron directamente en el campo; el contacto inferior es inconforme en el Sinclinal de Jaraguay, y yace sobre la Subunidad 7b en el flanco oeste y sobre la Subunidad 7c en el flanco este; en el Sinclinal de Tucurá yace paraconforme sobre la Unidad 10. El contacto superior no se conoce, puesto que en el área donde aflora la Unidad 12 no existen unidades más jóvenes.

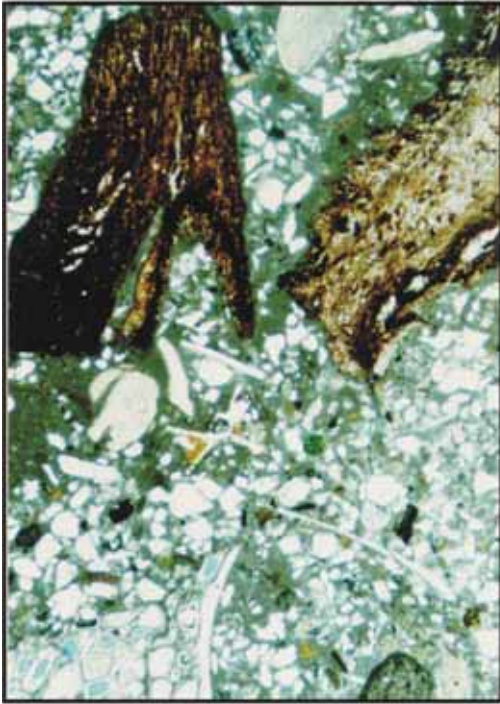
4.3.12.5 Petrografía

Se analizaron las siguientes muestras 383B, 390A, 390B y 398B, las dos primeras refieren el siguiente resultado:

Muestra 383B (Anexo Petrográfico, Lámina 15, microfotografía 2):

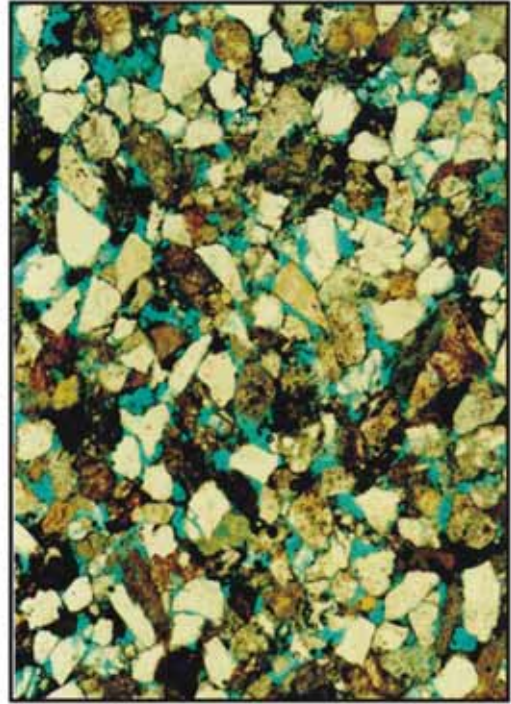
Arenisca lítica. Pobre a regular calibrado; 0,03 - 0,30 mm; subangular a subredondeada; numerosos clastos de *shale* tamaño arena. Porosidad 10-15% visible; abundante arcilla intersticial; algo de disolución de la porosidad.

LAMINA 15



Microfotografía 1

397C: Roca que contiene la mezcla de clastos lodosos, foraminíferos bentónicos y planctónicos, fragmentos de plantas, cuarzo en una matriz de micrita. Aumento 20 veces.



Microfotografía 2

383B: Arenisca compuesta por fragmentos de rocas volcánicas, clastos arcillosos, máficos alterados y ? tobas. Aumento 40 veces.

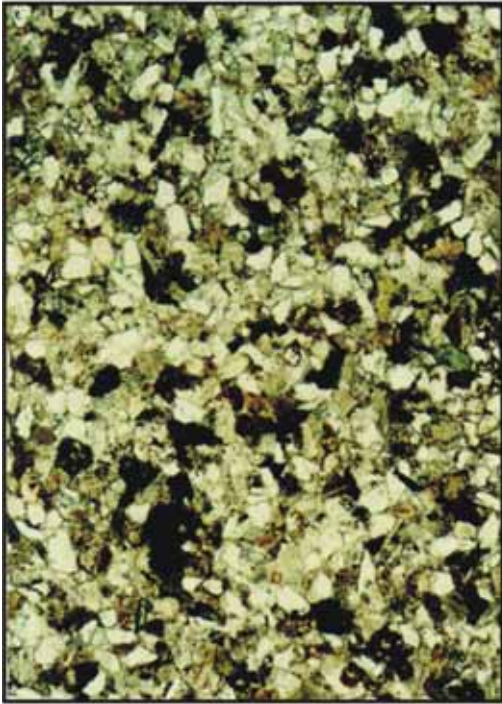
Muestra 390A (Anexo Petrográfico, Lámina 16, microfotografía 1):

Arenisca con cemento calcáreo. Buen calibrado, 0,05 - 0,20 mm; principalmente subangular; abundantes clastos de tamaño arena muy alterados, de origen desconocido, algunos parecen provenir de *shales* limosos, partículas volcánicas, o fragmentos de mica. Porosidad 1-2% visible, aislado.

4.3.12.6 Paleontología y edad

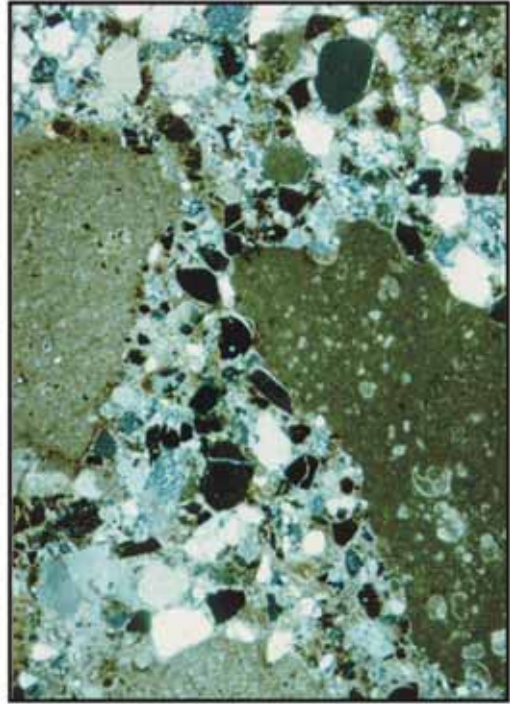
No se efectuaron análisis paleontológicos y la datación es relativa; se le asigna una edad posdiscordancia del intra-Plioceno, con base en las relaciones estratigráficas.

LAMINA 16



Microfotografía 1

390A: Los granos de esta arenisca parecen corresponder a material tobáceo intensamente alterado. Magnificación 40 veces.



Microfotografía 2

386A: Clastos lodosos grandes en unión de foraminíferos planctónicos comunes son producto de eventos erosivos y/o abrasivos. Esta muestra podría representar la base de una unidad turbidítica. Magnificación 40 veces, nicoles polarizados.

4.3.12.7 Ambiente sedimentario y facies

Los rasgos mencionados sugieren, en primera instancia, un área emergida rápidamente, la cual suministró un volumen importante de sedimentos que rellenaron las zonas deprimidas existentes en ese momento a manera de conos aluviales proximales o medios.

La Unidad 12 representa el registro de una importante actividad tectónica a finales del Neógeno y posiblemente cambia a facies conglomeráticas más finas (Unidad 13) en sectores un poco más distantes del área fuente.

4.3.12.8 Correlación

La Unidad 12 se correlaciona con la parte inferior de la Formación Corpa (Cuesta) de Haffer (1963, 1967).

4.3.13 Unidad Litoestratigráfica 13 (Ngco) – Unidad Loma del Muerto (Corpa Superior)

4.3.13.1 Distribución de afloramientos y sección tipo

Se reconocieron un par de afloramientos pertenecientes a la Unidad Loma del Muerto (Ngco) en los cortes dejados por la carretera que del sitio pantanos de La Caña conduce a Canaima, y que pasa por la Loma del Muerto (planchas 50 y 60). No se obtuvo, por consiguiente, una sección tipo de la mencionada unidad.

4.3.13.2 Observaciones de campo y litología

Constituida por arenitas a arenitas conglomeráticas de aspecto macizo, en capas medianas a muy gruesas con un color amarillo oscuro en muestra meteorizada y gris amarillento claro en muestra fresca.

Las arenitas son de grano fino a muy grueso, localmente guijos pequeños, redondeados a subangulares; medianamente porosas 6-10% y permeables. Compuestas por cuarzo lechoso, chert negro, fragmentos de sedimentitas, moscovita y limonita (detrítica?).

Desarrollan superficies acanaladas y en sectores es notoria la bioturbación manifiesta por formas alargadas que truncan la estratificación.

4.3.13.3 Espesor

Se desconoce su espesor real, pero se estima que alcance, por lo menos, 100m.

4.3.13.4 Contactos

Tanto el contacto inferior como el superior son inconformes, ya sea con la Subunidad 9d o con depósitos aluviales recientes, respectivamente.

4.3.13.5 Petrografía

Se efectuó el análisis en sección delgada de las muestras 386A, 386B y 389, y la primera muestra reporta el siguiente resultado:

Muestra 386A (Anexo Petrográfico, Lámina 16, microfotografía 2):

Arenisca conglomerática, cemento calcáreo. Pobre calibrado, limo hasta 10 mm; numerosos clastos de lodolitas (limo) foraminíferos y caliza fina.

4.3.13.6 Paleontología y edad

Debido al carácter litológico de la unidad, ésta carece de información paleontológica. Por las relaciones estratigráficas, se le asigna una edad relativa de posdiscordancia del intra-Plioceno.

4.3.13.7 Ambiente sedimentario y facies

La información disponible acerca de esta unidad es tan pobre que difícilmente se puede elaborar un diagnóstico acerca del ambiente sedimentario; tan solo se podría indicar la existencia de algunas corrientes fluviales? que acumularon partículas de rocas sedimentarias preexistentes en depresiones geográficamente restringida, como respuesta a una etapa de plegamiento y formación de las estructuras sinclinales actuales en la parte central de la región estudiada.

4.3.13.8 Correlación

La unidad Estratigráfica 13 podría correlacionarse con depósitos modernos hallados en otras partes de la zona estudiada, posiblemente con algún segmento de la Unidad 12.

4.3.14 Unidad Estratigráfica 14 (Qta) – Unidad Tabular

4.3.14.1 Distribución de afloramientos y sección tipo

La Unidad Tabular (Qta) se ubica en el núcleo del Sinclinal del Carmelo (Plancha 60). No se tiene control de campo; su identificación es fotogeológica.

4.3.14.2 Observaciones de campo y litología

Se trata de un cuerpo tabular con estratos constituyentes aparentemente horizontales. Presenta escarpes resistentes y un drenaje grueso, características fotogeológicas que pueden corresponder a una terraza antigua constituida por tamaño grava en su mayoría.

4.3.14.3 Espesor

Indefinido.

4.3.14.4 Contactos inferior y superior

El contacto inferior se dedujo muy inconforme y cubre estratos inclinados pertenecientes a la Unidad 10.

4.3.14.5 Petrografía

No se efectuó.

4.3.14.6 Paleontología y edad

No se realizaron estudios paleontológicos. Por relaciones estratigráficas se han deducido que la Unidad 14 es la más moderna del área investigada, a excepción de algunos depósitos cuaternarios.

4.3.14.7 Ambiente sedimentario y facies

No se pudo efectuar por la carencia de información de campo.

4.3.14.8 Correlación

Por el momento no se puede correlacionar con otras unidades presentes en el área.

5. RECURSOS ECONÓMICOS

ÉPOCA	CUENCA DEL SINÚ	CINTURÓN PLEGADO DE SAN JACINTO
Reciente- Pleistoceno	-Depósitos de gravas y arenas propias para recebo y materiales de construcción. -Calizas de La Popa útiles como materiales de construcción y ornamentación.	- Sedimentos semi-permeables- - acuíferos pequeños explotables mediante aljibes.
Plioceno	- Gravas y arenas locales, materiales de construcción y recebo. - Acuíferos potenciales explotables mediante pozos pequeños.	- Sedimentitas impermeables de la Formación Morroa sin potencial hidrogeológico. Posible susceptibilidad en los fenómenos de remoción de suelos. - Arenitas de la Formación Morroa con alto potencial hidrogeológico.
Mioceno	- Unidad Arenas Monas con buen potencial hidrogeológico y como material de construcción. - Lutitas de formaciones Floresanto - Pajuil con algunas posibilidades en la fabricación de ladrillos y materia prima para cerámica.	- Potencial hidrogeológico bajo a moderado de la Formación El Cerrito.
Oligoceno	- Lutitas susceptibles con fenómenos de remoción de suelos.	- Rocas impermeables sin interés en el aprovechamiento de aguas subterráneas. Potencialidad de lutitas en materia prima para cerámica.
Eoceno	- Areniscas con alto potencial petrolífero (Areniscas de Manantial). - Chert como material de recebo, en el beneficio industrial de sílice y útiles en cerámica.	- Areniscas utilizadas en la industria de la construcción. - Calizas útiles en la fabricación de cemento, en actividades de la construcción.
Paleoceno		- Areniscas y gravas en la construcción.
Cretácico Superior		- Chert útiles como material de recebo y en la industria cerámica.

6. POSIBLES AMENAZAS NATURALES

6.1 PROBLEMAS EROSIVOS EN LA COSTA DEL MAR CARIBE

La costa del Departamento de Córdoba posee una longitud de 124 kilómetros. Las cabeceras municipales a lo largo de la costa son: Los Córdoba, Puerto Escondido, Moñitos, San Bernardo del Viento y San Antero.

La acción erosiva producida por la corriente litoral del mar Caribe se ha presentado en forma acrecentada desde hace al menos doce años de acuerdo con testimonios de los habitantes de la región. Este fenómeno se ha presentado en gran escala sobre toda la zona geográfica al sur de la desembocadura del río Sinú. No parece muy probable que el fenómeno haya sido debido a una disminución en el abastecimiento externo de sedimentos en esta zona de la playa, dado que la principal fuente sigue siendo el río Sinú, y éste no ha presentado durante tiempos recientes cambios morfológicos aparentes que hubieran hecho disminuir su aporte de sedimentos al mar Caribe. En este caso, la disminución en el abastecimiento externo de sedimentos a esta zona de la playa habría resultado en una capacidad de transporte de sedimentos de la corriente litoral mayor a dicha capacidad de abastecimiento de sedimentos. Esta diferencia entre los dos parámetros mencionados anteriormente, habría hecho que la playa en la zona de Arboletes a San Antero se hubiera perdido paulatinamente.

Parece mucho más probable que el mencionado problema haya sido debido a varios factores que pueden actuar individualmente o en conjunto: La situación tan abierta y sin protección de la playa, y una longitud de recorrido de vientos significativa, principalmente de los que provienen del noroeste, que producen oleajes de magnitud importante. Este último factor durante los últimos tiempos ha causado de manera común en toda la costa norte de Colombia, varios “mares de leva” importantes que han encontrado playas relativamente desprotegidas, como en el caso de la zona de Arboletes a San Antero. Esto ha hecho que la capacidad de transporte de sedimentos haya sido mucho mayor en estos períodos cortos de mar de leva que la capacidad de abastecimiento de sedimentos de los períodos largos, en donde el mar es relativamente calmado. Esta diferencia así explicada entre los dos parámetros mencionados anteriormente, ha hecho que parcialmente la playa se haya perdido.

La solución al problema debe ser la recuperación de la playa por medio de estructuras hidráulicas apropiadas, como son la construcción de espolones y arrecifes.

Los arrecifes consisten en la construcción de objetos sólidos con llantas usadas, las cuales se arman en estructuras piramidales o módulos con varias llantas que luego son lanzadas al fondo del mar, y a partir de allí se inicia el proceso de colonización tanto de especies de fauna como de flora, y se convierte así, con el tiempo, en un ecosistema altamente productivo y con alta diversidad de especies.

Con la instalación de los arrecifes se pretende:

- a. Mejorar las áreas ambientales degradadas en zonas costeras.
- b. Reducir los conflictos de uso de los recursos naturales marinos.
- c. Controlar la erosión de las playas.
- d. Utilizarlas como instrumento de mitigación de impactos ambientales adversos en ambientes acuáticos.
- e. Servir de herramientas de manejo de las pesquerías.
- f. Investigar ambientes acuáticos.

Para la construcción de estas estructuras se han detectado en la zona de estudio unos cientos treinta (130) sitios que permitirían el albergue del mismo número de arrecifes. Hasta la fecha se han construido 10 arrecifes artificiales en la costa del Departamento de Córdoba, y resta por construir 120 arrecifes a mediano y largo plazo.

Los espolones son unas estructuras en piedra de diámetro específico capaces de resistir los embates de las olas, están conformadas en la parte exterior por rocas de diámetro que oscilan entre un metro a uno con veinticinco y hacia el interior o núcleo por rocas de diámetros menores y material llenante, tiene una longitud aproximada de 50 metros lineales y están conformados con una base variable que depende de la altura y una corona de 3,00 metros, pues la pendiente de sus taludes es generalmente de 2H:1V y busca el ángulo de reposo del material pétreo.

6.2 PROBLEMÁTICA DE LAS INUNDACIONES EN EL DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA

El río Sinú tiene una longitud de 330 km desde su nacimiento hasta su desembocadura en el mar Caribe en el sitio llamado Tinajones, jurisdicción del Municipio de San Bernardo del Viento. La cuenca del río es la hoya de 13.700 km², de los cuales 12.200 km² se encuentran en el Departamento de Córdoba y el resto en el Departamento de Antioquia; la cuenca está formada por 16 municipios.

Los principales afluentes del río están localizados en la parte alta de la cuenca, donde las corrientes le dan la característica típica de un río de montaña; esos afluentes son el río Verde, que desemboca a unos 23 km aguas arriba de la Angostura de Urrá; el río Esmeralda, que desemboca 15 km aguas arriba del río Verde; el río Manso, cuya confluencia está a 20 km aguas arriba de la desembocadura del Esmeralda, y el río Antasales, situado en la zona de las altas montañas de la cuenca.

El cambio en el uso del suelo, las prácticas agrícolas inadecuadas y la deforestación indiscriminada de las cuencas de ambos ríos y algunos caños con jerarquización de

segundo orden en el Departamento de Córdoba, entre otras, al interactuar con los agentes atmosféricos, traen como consecuencia inmediata la erosión, la cual provoca el aporte de sedimentos al cauce principal de los ríos o caños mencionados, y reduce en forma sustancial la capacidad de albergar la cantidad de agua que en años anteriores eran capaces de almacenar y transportar.

A la situación anteriormente anotada se le suma la falta de los adecuados planes municipales de ordenamiento y uso del suelo y la permisividad por parte de los diferentes entes estatales para que las comunidades ocupen los diques, los cauces de los caños y los playones de las ciénagas, sin mencionar la grave situación que provocan los terratenientes al construir terraplenes que circundan las ciénagas.

La C.V.S., dentro del programa de control de inundaciones y erosión para la prevención de desastres en el Departamento de Córdoba, ha incorporado a los municipios y a las comunidades afectadas directamente, ha iniciado acciones tendientes a cambiar la cultura inmediatista generada por los desastres naturales recurrentes, ha hecho énfasis en la cultura de la prevención, ha procurado que se respeten los espacios geográficos ocupados por el agua y ha adelantado proyectos de reforestación o revegetalización protectora con participación comunitaria.

Aún así, existen fenómenos incontrolables en las riberas de los ríos, como son los de la erosión, que se presenta en algunos sitios de las orillas de los ríos debido a la conformación geológica de los taludes, formados por sedimentos arcillosos y arcillo limosos provenientes del mismo río. La cohesión y la plasticidad es de media a alta, se convierten en deleznable al contacto con el agua, lo cual lo somete a fallas debido a las fluctuaciones rápidas del nivel de las aguas, causan inestabilidad del material, y provocan derrumbes por deslizamiento.

Por esta razón, la C.V.S., en reiteradas visitas practicadas a los ríos Sinú y San Jorge, ha podido identificar en forma directa la inminente necesidad de controlar este fenómeno, mediante la construcción de obras de estabilización de márgenes, el cual se repetirá hasta alcanzar una pendiente de equilibrio.

6.2.1 ÁREAS CRÍTICAS

Dentro de las áreas críticas del proyecto de control de inundaciones, prevención y atención de desastres, se tiene:

Tierralta, Las Palomas, Los Morales, Montería, Cereté, San Pelayo, Lórica, San Bernardo del Viento; sitios éstos propensos a inundaciones y erosión en la cuenca del río Sinú.

Caño Viejo, El Vidrial, Palotal, Severá, Valparaíso, Martinica, Leticia, Bohórquez, La Madera, susceptibles a inundaciones en las subcuencas del Caño Viejo y el caño El Vidrial.

Puerto Libertador, Montelíbano, Buenavista, Ayapel y Pueblo Nuevo, susceptibles a inundaciones y erosión en la cuenca del río San Jorge.

Moñitos, Puerto Escondido, San Bernardo del Viento, San Antero y Los Córdoba, susceptibles a la erosión marina.

6.2.2 ACCIONES PREVENTIVAS

Con las acciones preventivas se busca desarrollar en forma conjunta con las autoridades pertinentes, las comunidades afectadas y los grupos especializados de la C.V.S., además de la educación ambiental para la preservación del medio ambiente, y los controles necesarios que consisten en:

- Construir en los sitios detectados, los cuales se encuentran por debajo de la cota de niveles máximos del agua en los cauces de los ríos, diques que puedan controlar las aguas de desbordamiento de los ríos.
- Construir obras para la recuperación de márgenes y playas, consistente en espolones o mamparas.
- Reforestar las áreas degradadas de las riberas, con árboles y arbustos de raíces trenzadas para evitar la erosión de orilla.
- Reubicar los asentamientos existentes en zonas de alto riesgo, dentro de la zona aluvial de los ríos, a zonas más alejadas o más altas que las determinadas por las cotas de desbordamiento.
- Evitar la desecación de los humedales por la importancia ecológica que tienen mostrando el papel definitivo que juegan en el control de las inundaciones y mantenimiento de las especies ictiológicas.
- Rehabilitar los cauces antiguos de los caños que se encuentran sedimentados u obstruidos mediante una canalización que permita la interacción entre los complejos cenagosos y los ríos.
- Controlar la tala indiscriminada de árboles en las partes altas de las cuencas, que favorecen la erosión y el aumento de aportes de sedimentos hacia los cauces de los ríos, factor que reduce el cauce del lecho del río y ayuda a disminuir la capacidad de almacenamiento dentro del cauce.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BEUTHER, A.; BEATTIE, D. 1962. Geological Studies in the Northern Sierra de San Jacinto. Department of Bolivar, Colpet GR-289.
- CÁCERES, C.; DE PORTA, J. 1972. Contribution a la géologie de la Serranía de San Jacinto entre Toluviejo et Chalán Colombie. S.A.C.R.S. Soc. Géol France. Paris.
- CHENEVART, C. H. 1963. Les dorsales transverses anciennes de Colombie et leurs homologues d'Amérique Latine. Ecl. Geol. Helvetiae, 56(2):907-927. Basel.
- De PORTA, J. 1974. L'éxique Stratigraphique International. Amérique Latine, Colombie (deuxième partie), Tertiaire et Cuaternaire. Centr. Nat. Rech. Sci., 5(4b):1- 643 p. Paris.
- DUQUE-CARO, H. 1968. Observaciones generales a la bioestratigrafía y geología regional en los departamentos de Bolívar y Córdoba. UIS, Bol. Geol., 24: 71-87. Bucaramanga.
- DUQUE-CARO, H. 1973. The Geology of the Montería area: Colombian Society of the Petroleum Geologists and Geophysicists 14 th Annual Field Conference, Guidebook, pp. 397-431. Bogotá.
- GRADSTEIN, F.; OGG, J. 1996. A phanerozoic time scale. Episodes, 19:1-2.
- HAFFER, J. 1963. On the Stratigraphic of the Upper Sinú - Upper San Jorge Region, Northwestern Colombia. Col. Petro. Comp., Informe GR-302. Bogotá.
- HAFFER, J. 1967. On the Geology of the Urabá and northern Chocó Regions, NW Colombia. ECOPETROL, Informe 809 CR 357, 105 p. Bogotá.
- HAFFER, J.; BEATTIE, D. 1959. On the Geology of the Urabá (Northwest Colombia). Mobil Oil Comp. Col. GR-483.
- HAFFER, J.; BEATTIE, D. 1970. Geological reconnaissance studies in the Cansona Area (North Bolívar) Colombian Petroleum Company. ER-272.
- INGEOMINAS. 1994. Geología de superficie del área de Sinú-San Jacinto - Valle inferior del Magdalena. Informe para Ecopetrol, 93 p. Bogotá.
- KENTS, P. 1945. Geologic reconnaissance in the Upper Sinú Valley. CGR-239.
- OPPENHEIM, V. 1957. Sinú Basin in Colombia may produce new reserves. World Oil.
- SUTTON, F. A. 1924. Geology and oil possibilities of the area bordering the Gulf of the Darien on the East Atrato River region. CGR-209.

RESUMEN DE NANNOFÓSILES CALCÁREOS

Muestra No.	EDAD Y OBSERVACIONES
33	<p>2 edades: Plioceno (<i>Discoaster pentaradiatus</i> –poco) Mioceno medio (<i>Sphenolithus heteromorphus</i>—raro)</p> <p>Pocos nannofósiles. Mezcla de dos edades. Pocos nannofósiles rango desde Mioceno superior a Plioceno (<i>Discoaster pentaradiatus</i>, <i>D. brouweri</i> y <i>Sphenolithus abies</i>) floras mixtas con rangos de Mioceno inferior a medio <i>Sphenolithus heteromorphus</i>.</p>
34	<p>2 edades: Plioceno (<i>Discoaster pentaradiatus</i>—poco) Mioceno inferior a medio (<i>Helicosphaera ampliaperta</i>—raro)</p> <p>Abundante nannofósiles. Mezcla? de dos edades. Nannofósiles poco a común, rangos del Mioceno superior al Plioceno floras (<i>Discoaster pentaradiatus</i>, <i>Helicosphaera sellii</i>, <i>Discoaster brouweri</i>, <i>Ceratolithus crystatus</i>).</p> <p>Rango del Mioceno inferior a medio. flora son <i>Helicosphaera ampliaperta</i>, <i>Discoaster cf. deflandrei</i>, <i>D cf. bollii</i> y <i>Cyclicargolithus floridanus</i>.</p>
37	<p>2 edades: Mioceno superior (<i>Discoaster quinquerramus</i> - muy raro). Mioceno inferior a medio (<i>Triquetrorhabdulus carinatus</i> y <i>Sphenolithus heteromorphus</i> - raro).</p> <p>Espécimen simple de especies del Mioceno superior, <i>Discoaster quinquerramus</i> y raro a poco de floras del rango Mioceno superior a Plioceno, <i>Sphenolithus abies</i>, <i>Discoaster aff. pentaradiatus</i>, <i>D. variabilis</i> y <i>Cyclococcolithus macintyreii</i>.</p> <p>Mioceno inferior a medio las formas son ?: <i>Sphenolithus heteromorphus</i> (espécimen simple), <i>Discoaster deflandrei</i>, <i>Triquetrorhabdulus carinatus</i> (espécimen simple), <i>Cyclicargolithus floridanus</i> (raro).</p>
38	<p>Edad: Plioceno (<i>Discoaster pentaradiatus</i> - espécimen único). Mioceno inferior a medio (<i>Helicosphaera ampliaperta</i>- raro a poco). Floras muy raras del Pleistoceno que incluyen <i>Discoaster pentaradiatus</i> (espécimen único), <i>Cyclococcolithus leptoporus</i>, <i>C. macintyreii</i> y <i>Reticulofenestra pseudoumbilica</i>.</p> <p>Formas del Mioceno inferior a medio <i>Helicosphaera ampliaperta</i> (poco), <i>Sphenolithus heteromorphus</i> (raro) y <i>Cyclicargolithus floridanus</i>.</p>
44	<p>2 edades: Mioceno superior (<i>Discoaster quinquerramus</i> - muy raro). Mioceno inferior a medio (<i>Helicosphaera ampliaperta</i> - raro).</p> <p>Nannofósiles comunes. Mezcla de dos edades. Espécimen único de flora del Mioceno superior, <i>Discoaster quinquerramus</i> y raro de <i>Discoaster pentaradiatus</i>.</p>

	<p>Floras del Mioceno inferior a medio: Sphenolithus heteromorphus, helicospaera ampliaperta, H. intermedia.</p>
46	<p>2 edades: Plioceno (Discoaster pentaradiatus - raro) Mioceno inferior a medio (Helicospaera ampliaperta - muy raro).</p> <p>Nannofósiles comunes. Mezcla de dos edades. Raras floras del Plioceno e incluye Discoaster pentaradiatus, D. cf. brouweri y Ceratolithus crystatus.</p> <p>Floras del Mioceno inferior a medio son: Helicospaera ampliaperta (espécimen único) y Sphenolithus heteromorphus (espécimen único).</p>
47	<p>Edad: Mioceno medio. Muy rara ocurrencia de Sphenolithus heteromorphus y Reticulofenestra pseudoumbilica.</p>
50	<p>2 edades: Mioceno superior a Plioceno inferior (Discoaster brouweri - raro) Mioceno inferior a medio (Helicospaera ampliaperta—raro).</p> <p>Nannofósiles comunes. Mezcla de dos edades. La edad Mioceno superior a Plioceno es basada en la presencia de Discoaster brouweri, Sphenolithus abies y Ceratolithus crystatus.</p> <p>Floras del Mioceno inferior a medio Helicospaera ampliaperta, Discoaster Kugleri, D. druggii y Sphenolithus heteromorphus.</p>
51	<p>Edad: Mioceno inferior a medio (Helicospaera a ampliaperta—raro).</p> <p>Nannofósiles poco a comunes. Floras asociadas: Trequetrorthabdulus carinatus (formas del Mioceno inferior), Discoaster druggii, Sphenolithus heteromorphus, Helicospaera ampliaperta y Cyclicargolithus cf. floridanus.</p>
54	<p>Edad: Mioceno inferior a medio. Floras del Eoceno probablemente retrabajadas.</p> <p>La edad es basada en la presencia de Helicospaera ampliaperta (raro), Sphenolithus heteromorphus (raro), Discoaster druggii y triquetrorthabdulus carinatus (formas del Mioceno inferior).</p>
57	<p>Edad: Mioceno inferior a medio. Probablemente Zona de Helicospaera ampliaperta (CN3). Otras floras asociadas son: Sphenolithus heteromorphus, Reticulofenestra pseudoumbilica y Cyclicargolithus floridanus.</p>
61	<p>Edad: Mioceno inferior a medio. Zona de Helicospaera ampliaperta (CN 3). Floras significativas son: Helicospaera ampliaperta, Sphenolithus heteromorphus, Reticulofenestra pseudoumbilica y Cyclicargolithus floridanus.</p>
64	<p>2 edades: Mioceno superior (Discoaster quinqueramus) y Mioceno inferior (Sphenolithus belemnus).</p> <p>Nannofósiles comunes. Mezcla de edades.</p>

	<p>Espécimen único de flora del Mioceno, Discoaster quinquaramus y floras del Mioceno inferior a medio (poco a comunes), Sphenolithus heteromorphus, Discoaster druggii, Helicosphaera ampliaperta, Triquetrorhabdulus carinatus (forma del Mioceno inferior) y Sphenolithus belemnus (forma del Mioceno inferior).</p>
67	<p>2 edades: Plioceno (Discoaster pentaradiatus) y Mioceno inferior a medio (Helicosphaera ampliaperta).</p> <p>Nannofósiles comunes. Mezcla de dos edades. Muy raro de edad Plioceno: Discoaster pentaradiatus y D. brouweri.</p> <p>La edad Mioceno inferior a medio es basada en la presencia de Sphenolithus heteromorphus (raro), Helicosphaera ampliaperta (raro), H. intermedia (muy raro) y Cyclicargolithus floridanus (raro).</p>
71	<p>2 edades: Mioceno superior/Plioceno inferior (Discoaster cf. Quinquaramus/D. pentaradiatus) y Mioceno inferior a medio (Helicosphaera ampliaperta).</p> <p>Nannofósiles poco a comunes. La edad Mioceno superior/Plioceno inferior es basada en la presencia de Discoaster cf. quinquaramus y D. pentaradiatus.</p> <p>Floras del Mioceno inferior a medio: Helicosphaera ampliaperta, sphenolithus heteromorphus y Cyclicargolithus.</p>
72	<p>2 edades: Retrabajamiento de floras del Eoceno. Probable Mioceno superior (Discoaster cf. quinquaramus) y Mioceno medio (Sphenolithus heteromorphus). Raras floras del Eoceno probablemente retrabajadas.</p> <p>Probablemente la edad Mioceno superior es basada en la presencia de Discoaster cf. quinquaramus y D. cf. brouweri.</p> <p>Floras del Mioceno medio: Sphenolithus heteromorphus. Especies retrabajadas del Eoceno son Cyclococcolithus formosus (muy raro).</p>
74	<p>2 edades: Pleistoceno-Plioceno y Mioceno inferior a medio.</p> <p>Los nannofósiles son comunes. La edad Pleistoceno-Plioceno es basada en la presencia de floras mixtas de Gephyrocapsa oceánica y Discoaster pentaradiatus.</p> <p>Formas del Mioceno inferior a medio son Helicosphaera ampliaperta Cyclicargolithus y Reticulofenestra pseudoumbilica.</p>
77	<p>2 edades: Plioceno (Discoaster pentaradiatus) y Mioceno inferior a medio (Helicosphaera ampliaperta).</p> <p>Nannofósiles comunes. Mezcla de dos edades. La edad Plioceno es basada en la presencia de muy raro (Discoaster pentaradiatus).</p> <p>Floras del Mioceno inferior a medio son: Helicosphaera ampliaperta Sphenolithus heteromorphus, Cyclicargolithus floridanus y</p>

	Triquetrorhabdulus carinatus (forma del Mioceno inferior).
81	Edad: Mioceno medio. La edad es basada en la presencia de Sphenolithus heteromorphus (raro), Reticulofenestra pseudumbilica (raro) y Cyclicargolithus floridanus (raro).
87	2 edades: Plioceno (Discoaster pentaradiatus) y Mioceno inferior a medio Helicosphaera ampliaperta). Abundantes nannofósiles. Mezcla de dos edades. Formas muy raras del Plioceno de Discoaster pentaradiatus. Floras del Mioceno inferior a medio: Helicosphaera ampliaperta, Sphenolithus heteromorphus, S. moriformus, Cyclicargolithus floridanus y Dictiococcites abisectus (forma del Mioceno inferior).
90	Edad: probablemente Mioceno medio. Especies ausentes claves. La edad Mioceno medio es basada en la presencia de Cyclicargolithus cf. floridanus (muy raro), Helicosphaera intermedia (espécimen único) y Reticulafenestra pseudumbilica (poco).
144	Edad: Plioceno con retrabajamiento del Mioceno medio. Pocos nannofósiles.
146A	Edad: Plioceno con retrabajamiento del Mioceno inferior a medio. Nannofósiles comunes. La edad Plioceno es basada en la presencia de Discoaster pentaradiatus. Fósiles retrabajados del Mioceno inferior a medio: Sphenolithus heteromorphus. Cyclicargolithus floridanus, Coccolithusmiopelagicus y Helicosphaera ampliaperta.
158	Edad: Plioceno con retrabajamiento del Mioceno inferior a medio. Abundantes a muy abundantes nannofósiles.
164	Edad: Plioceno con retrabajamiento del Mioceno inferior a medio. Pocos nannofósiles.
173B	Edad: Plioceno con retrabajamiento del Mioceno inferior a medio. Raro a pocos nannofósiles.
177B	Edad: Plioceno con retrabajamiento del Mioceno inferior a medio. Raro a pocos nannofósiles.
186	Edad: Mioceno superior a Plioceno con retrabajamiento del Mioceno inferior a medio. Pocos nannofósiles.
187	Edad: Plioceno con retrabajamiento del Mioceno inferior a medio. Pocos nannofósiles.
193A	Plioceno. Abundantes
203	Edad: Plioceno con retrabajamiento del Mioceno medio. nannofósiles comunes.
212	Edad: Plioceno con retrabajamiento del Mioceno medio. nannofósiles pocos a comunes.
216	Edad: Plioceno con retrabajamiento del Mioceno inferior a medio. nannofósiles comunes.
220	Edad: Plioceno con retrabajamiento del Mioceno inferior a medio. Nannofósiles comunes a abundantes.
222	Edad: Plioceno Poco a comunes nannofósiles.
226	Edad: Plioceno con retrabajamiento del Mioceno inferior a medio. Nannofósiles comunes.
229	Edad: Plioceno con retrabajamiento del Mioceno inferior a medio.

	Nannofósiles comunes a abundantes.
234	Edad: Plioceno con retrabajamiento del Mioceno inferior a medio. Nannofósiles comunes.
239	Edad: Plioceno con retrabajamiento del Mioceno a medio. Nannofósiles poco a comunes.
250	Edad: Plioceno con retrabajamiento del Mioceno inferior a medio. Nannofósiles pocos.
251	Edad: Plioceno-Pleistoceno con retrabajamiento del Mioceno inferior a medio. Nannofósiles comunes.
259	Edad: Plioceno con retrabajamiento del Mioceno inferior a medio. Nannofósiles pocos.
261	Edad: Plioceno con retrabajamiento del Mioceno inferior a medio. Nannofósiles comunes.
263	Edad: Plioceno con retrabajamiento del Mioceno medio. Nannofósiles comunes.
274	Edad: Plioceno con retrabajamiento del Mioceno medio. Nannofósiles raro a poco.
276	Edad: Plioceno con retrabajamiento del Mioceno medio. Nannofósiles raro.
300	Edad: Neógeno indiferenciado. Muy raro Reticulofenestra pseudumbilica (Mioceno inferior a Plioceno).
303	Edad: Eoceno medio a superior. Pocos nannofósiles. La edad es basada en la presencia de Discoaster barbadiensis, Sphenolithus radians y Coccolithus formosus.
308	Edad: Neógeno indiferenciado. Muy raro a pobremente preservado Coccolithus pelagicus y Reticulofenestra pseudumbilica (Mioceno inferior a Plioceno).
315B	Edad: Neógeno indiferenciado. Especie muy rara y poco preservada Coccolithus.
325	Edad: probablemente Oligoceno a Mioceno inferior. Muy raro a pobremente preservado (Discoaster cf. deflandrei y Dictyococcites abisectus).
331	Edad: Probablemente Oligoceno a Mioceno inferior. Nannofósiles poco y pobremente preservado. Coccolithus pelagicus, Dictyococcites abisectus, Sphenolithus especies y Coccolithus aff. formosus.
339	Edad: Oligoceno- Nannofósiles abundantes. Cyclicargolithus floridanus (C), Dictyococites abisectus (C), Coccolithus pelagicus (R) Reticulofenestra pseudumbilica, Helicosphaera paralela, Sphenolithus moriformis y S. ciperensis (R).
340	Edad: Oligoceno. Nannofósiles comunes a abundantes. Cyclicargolithus floridanus (C), Coccolithus pelagicus, Dictyococites abisectus (C), Sphenolithus moriformis (F), Helicosphaera paralela (VR), S. ciperensis (V), Discoaster deflandrei (VR).
341	Edad: Oligoceno Nannofósiles abundantes. Cyclicargolithus floridanus (A.) Sphenolithus moriformis (R), S. ciperensis (R), Dictyococites abisectus (A) y

	Discoaster deflandrei (R).
342	Edad: Oligoceno a Mioceno inferior. Nannofósiles poco a raros. <i>Cyclicargolithus floridanus</i> (R), <i>Reticulofenestra pseudoumbilica</i> (R), <i>Dictyococcites</i> cf. <i>abisectus</i> (VR) y <i>Triquetrorhabdulus carinatus</i> (VR).
346	Edad: Oligoceno a Mioceno inferior. Nannofósiles pocos a comunes, pobremente preservados. <i>Cyclicargolithus</i> cf. <i>floridanus</i> (F), <i>Reticulofenestra pseudoumbilica</i> (VR) y, <i>Dictyococcites abisectus</i> (VR).
352	Edad: Oligoceno (Oligoceno inferior a medio). Abundantes nannofósiles. <i>Cyclicargolithus floridanus</i> (A), <i>Reticulofenestra pseudoumbilica</i> (A), <i>Dictyococcites abisectus</i> (raro a poco), <i>Sphenolithus distentus</i> (raro a poco) y <i>S. predistentus</i> (VR).
361A	Edad: Oligoceno a Mioceno inferior. Nannofósiles retrabajados del Eoceno (raro). <i>Cyclicargolithus</i> cf. <i>floridanus</i> (F), <i>Reticulofenestra pseudoumbilica</i> (F), <i>Coccolithus pelagicus</i> (F), <i>C. eopelagicus</i> (R), <i>Dictyococcites</i> cf. <i>abisectus</i> (R), <i>Dictyococcites</i> cf. <i>abisectus</i> (R) y <i>Triquetrorhabdulus carinatus</i> (VR).
363	Edad: Mioceno medio a Plioceno. Probablemente retrabajados del Mioceno medio. Nannofósiles raros a pocos. La edad Plioceno es basada en la ocurrencia de <i>Reticulofenestra pseudoumbilica</i> (R), <i>Discoaster brouweri</i> (VR), <i>Sphenolithus abies</i> (F), <i>Coccolithus pelagicus</i> (VR) y <i>Helicosphaera Kamptneri</i> (R). <i>Cyclocargolithus floridanus</i> , especies del Mioceno medio, es probablemente retrabajada.
370A	Edad: Oligoceno a Mioceno inferior. Pocos nannofósiles. <i>Cyclocargolithus floridanus</i> (F), <i>Reticulofenestra pseudoumbilica</i> (R), <i>Sphenolithus moriformis</i> (R), <i>Dictyococcites abisectus</i> (VR) y <i>Triquetrorhabdulus carinatus</i> (VR).
386A	Edad: Paleógeno tardío/Neógeno. Esta muestra es rica en calcita con moderado sobrecrecimiento. Los nannofósiles ocurren raramente con una aproximación de uno en cada cinco campos de vista. El conjunto de nannofósiles contienen pocas especies de tipos pequeños y no diagnóstico de edad. Esas especies incluyen: pequeñas especies de <i>Reticulofenestra</i> (Grupo R. haquii - R. <i>minuluta</i> - R. <i>minuta</i>), pequeños <i>Coccolithus pelagicus</i> , <i>Helicosphaera euphrates</i> , pequeñas <i>Pontosphaera</i> sp., y especies cuestionables de <i>Sphenolithus</i> . La presencia de especies de <i>Sphenolithus</i> determinan restricciones en el diagnóstico de la edad para zonas no más jóvenes que la zona CN 11; sin embargo, los especímenes observados pueden no ser identificados con certeza como especies <i>Sphenolithus</i> .
386B	Edad: Paleógeno tardío?/Neógeno. Esta muestra fue virtualmente estéril para fósiles (menos de 1 o 2 por ciento de los campos vistos) y esos que fueron de limitado uso en la determinación de la edad. Las especies observadas fueron pequeños especies <i>Reticulofenestra</i> (grupo R. <i>haquii</i> - R. <i>minutata</i> - R. <i>minuta</i>) y <i>Sphenolithus</i> cf. <i>S. abies</i> .
389	Edad: ? Paleógeno tardío, Neógeno.

	Esta muestra fue virtualmente estéril en fósiles (menos del 1 o 2 de 100 campos observados) y los fósiles que fueron observados fueron de uso limitado en la determinación de la edad.
391	Edad: Oligoceno tardío (zona CP 19). Los nannofósiles existen comúnmente en esta muestra. La preservación es moderadamente buena con algo de sobrecrecimiento especialmente en los Sphenolitos. Los fósiles guías estratigráfica son Sphenolithus predistentus, Sphenolithus distentus , y cuestionable Triquetrorhabdulus carinatus. Otras especies incluyen: sobrecrecimiento de Sphenolitos de los tipos S. abies - S. moriformis, cuestionable S. heteromorphus considerado sobrecrecimiento de los morfotipos (probablemente S. abies), Reticulofenestra pseudoumbilica, abundantes especies pequeñas de Reticulofenestra (Grupo R. haqii R. minutula - R. minuta), y Coccolithus pelagicus.
393	Edad: Paleógeno tardío?, Neógeno. Esta muestra contiene pocos fósiles (menos del 1 o 2 por 20 campos observados) y los fósiles que fueron observados son de uso limitado en la determinación de la edad. Las especies observadas fueron: especies pequeñas de Reticulofenestra (Grupo R. haqii - R. minutula y Sphenolithus abies.
397A	Edad: Mioceno medio/Plioceno (Zonas CN4 a CN11). Esta muestra contiene fósiles (menos de 1 o 2 por 20 de los campos observados) así como una baja diversidad de las especies fósiles. La edad diagnóstico es basada en especímenes de Reticulofenestra pseudoumbilica. Otras especies incluyen: Coccolithus pelagicus, Discoaster cf. D. variabilis (con sobrecrecimiento), y Helicosphaera Kamptneri.
397C	Edad: Neógeno indiferenciado. Esta muestra es pobremente preservada con considerable sobrecrecimiento en los nannofósiles. La densidad de fósiles es aproximadamente 1 por 20 campos de vista examinados. La pobre preservación de los especímenes imposibilita una más exacta determinación. Otras especies incluyen: especies pequeñas de Reticulofenestra (Grupo R. haqii - R. minutula - R. minuta), Coccolithus pelagicus, Sphenolithus moriformis o S. abies con sobrecrecimiento, Pontosphaera spp. Con sobrecrecimiento y Discoaster cf. D. variabilis.
407	Edad: Neógeno tardío?/posiblemente Plioceno (? Zonas CN11 a CN12). Esta muestra contiene solo una ocurrencia extremadamente rara de nannofósiles (9 en 2000 campos de vista examinados). La mayoría de esos especímenes son pequeños Reticulofenestra y Dictyococcites especies características del Neógeno tardío. Un único espécimen pobremente preservado de Reticulofenestra sp. cf. R. pseudoumbilica fue observado en la localización?: 100. 1089; LLC: 15, 1257 (el rango total de R. pseudoumbilica es Mioceno medio a Plioceno temprano). Otras especies incluyen: pequeños Coccolithus pelagicus y pobremente preservados Pontosphaera spp.
408	Edad: Neógeno tardío?, posiblemente Plioceno (? Zona CN12). Esta muestra contiene solo una ocurrencia extremadamente rara de nannofósiles (7 en 2000 campos de vista examinados) de pequeños

	<p>Reticulofenestra y Dictyococcites especies características del Neógeno; sin embargo, una determinación precisa de la edad no es posible usando esas especies únicamente. Fósiles similares son establecidos durante todo el Neógeno.</p> <p>Todos los especímenes fósiles observados tuvieron menos de cinco micrones en su dimensión más larga lo cual puede posiblemente indicar un ambiente de alta energía para los nannofósiles (por ejemplo, aguas marinas hiper o hiposalinas).</p>
413	<p>Edad: Neógeno tardío?, posiblemente Plioceno (?Zona CN12).</p> <p>Esta muestra contiene muy pocos nannofósiles (25 en 2000 campos de vista examinados). La mayor parte de esos especímenes son de Reticulofenestra pequeños (Grupo R. haqii - R. minutula) caracterizados por un rango de tamaño entre tres a cinco micrones. Algunos igualmente especies pequeñas de? Dictyococcites (centro sólido) fueron observados.</p> <p>Esos fósiles son característicos del Neógeno tardío; sin embargo, una determinación precisa de la edad no es posible utilizando únicamente esas especies. Fósiles similares fueron establecidos durante todo el Neógeno.</p> <p>Como en la muestra de arriba, todos los especímenes fósiles observados tuvieron menos de cinco micrones en su dimensión más larga lo cual puede posiblemente indicar un ambiente de alta energía para los nannofósiles (agua de mar hiper o hiposalina).</p>
416B	<p>Edad: Mioceno medio a Plioceno temprano (Zona CN4 a CN11)</p> <p>La determinación de la edad es basada en el rango estratigráfico de Reticulofenestra pseudoumbilical. Otras especies incluyen: Coccolithus pelagicus,? Umbilicosphaera sibogae, y pequeñas Reticulofenestra spp.</p> <p>Esta muestra contiene solo una rara ocurrencia de nannofósiles (20 en aproximadamente 4000 de los campos de vista).</p> <p>Una determinación más exacta de la edad no puede ser hecha por la falta de especímenes fósiles. La calcita ocupa menos del 50% de la placa.</p>
416C	<p>Edad: Mioceno medio medio (Zona CN4).</p> <p>Las especies importantes estratigráficamente incluyen: dos especímenes de Sphenolithus heteromorphus, Reticulofenestra pseudoumbilica,? Cyclicargolithus floridanus y Sphenolithus abies. Otras especies incluyen: Coccolithus pelagicus, Helicosphaera cf. H. euphrates, pequeñas Reticulofenestra spp., y Reticulofenestra cf. R. Clathrata. Esta muestra contiene muy pocos nannofósiles (75 en aproximadamente 2000 campos examinados) ellos son moderadamente bien preservados. El sedimento contiene menos del 50% de calcita.</p>
427A	<p>Edad: Mioceno medio temprano (Zonas CN4 a CN5).</p> <p>Esta determinación de la edad es basada en la presencia de Reticulofenestra pseudoumbilica grande, Cyclicargolithus floridanus, y Sphenolithus abies. De acuerdo con Bukry (1973), la primera aparición de R. pseudoumbilica grande no ocurre hasta la base de la Zona CN4, mientras que el rango de C. floridanus no es más alto que la Zona CN5A (ver carta del Neógeno, apéndice A).</p>

	<p>Otras especies incluyen: <i>Discoaster variabilis</i>, <i>Coccolithus pelagicus</i>, <i>Helicosphaera euphrates</i>, <i>Reticulofenestra</i> spp. Pequeña, <i>Sphenolithus miriformis</i>.</p>
427B	<p>Edad: Mioceno medio a Plioceno temprano (Zonas CN4 a CN11).</p> <p>Las especies importantes estratigráficamente incluyen: <i>Reticulofenestra pseudoumbilica</i> grande y <i>Sphenolithus abies</i>. Otras especies incluyen <i>Coccolithus pelagicus</i>, <i>Discoaster</i> cf. <i>D. variabilis</i>, <i>Helicosphaera euphrates</i>, y <i>Umbilicosphaera</i> aff. <i>U. sibogae</i>.</p> <p>Esta muestra contiene pocos nannofósiles (1 por 4 a 6 campos de vista examinados). Virtualmente toda la calcita en la muestra es derivada de nannofósiles.</p>
428A	<p>Edad: Mioceno medio a Plioceno temprano (Zona CN4 a CN11).</p> <p>Las especies importantes estratigráficamente incluyen: <i>Reticulofenestra pseudoumbilica</i>, y <i>Sphenolithus abies</i>. Otras especies incluyen: <i>Reticulofenestra</i> spp. Pequeña, <i>Helicosphaera</i> cf. <i>H. euphrates</i>, y <i>Coccolithus pelagicus</i>.</p> <p>Esta muestra es virtualmente estéril de calcita y contiene muy pocos nannofósiles (27 en aproximadamente 2000 campos de vista examinados). La rareza de fósiles imposibilita una mayor precisión en la determinación de la edad.</p>
428B	<p>Edad: Mioceno medio temprano (Zonas CN4 a CN5).</p> <p>La determinación de la edad es basada en la presencia de <i>Reticulofenestra pseudoumbilica</i> grande, <i>Cycligarcolithus floridanus</i>, <i>Coccolithus miopelagicus</i> y <i>Sphenolithus abies</i>. De acuerdo con Bukry (1973), la primera aparición de <i>R. pseudoumbilica</i> grande no ocurre hasta la base de la Zona CN4, mientras que los rangos de <i>C. floridanus</i> no son más altos que la Zona CN5A (ver carta del Neógeno).</p> <p>Otras especies incluyen: <i>Discoaster variabilis</i>, <i>Coccolithus pelagicus</i>, <i>Helicosphaera euphrates</i>, <i>Reticulofenestra</i> spp. Pequeña <i>Pontosphaera multipora</i>, <i>Sphenolithus moriformis</i>.</p> <p>Esta muestra es moderadamente bien preservada con presencia de nannofósiles.</p>
429	<p>Edad: Oligoceno tardío (Zona CP19).</p> <p>Las especies estratigráficamente importantes incluyen: <i>Sphenolithus ciperensis</i>, <i>S.</i> cf. <i>S. predistentus</i>, <i>S. distentus</i>, <i>S. abies</i>, <i>Dictyococcites abisectus</i>, <i>D. bisectus</i>,? <i>Discoaster pseudovariabilis</i>, <i>Reticulofenestra pseudoumbilica</i>, <i>Coccolithus miopelagicus</i> y <i>Cyclicargolithus floridanus</i>.</p> <p>Otras especies incluyen: <i>Helicosphaera euphrates</i>, <i>Coccolithus pelagicus</i>, <i>Discoaster variabilis</i>, <i>Pontosphaera multipora</i>, <i>Umbilicosphaera sibogae</i>, <i>Sphenolithus moriformis</i> <i>Helicosphaera euphrates</i>,? <i>H. rhomba</i>,? <i>H. recta</i>,? <i>H. compacta</i>, <i>Coronocyclus nitescens</i>, <i>Reticulofenestra</i> spp. Pequeña.</p>
430	<p>Edad: Oligoceno superior.</p> <p>Nannofósiles abundantes, Nannofósiles significados son: <i>Cycligargolithus floridanus</i> (A), <i>Helicosphaera paralela</i> (F) <i>Dictyococcites abisectus</i> (C), <i>Discoaster deflandrei</i> (F), <i>Triquetrorhabdulus carinatus</i> (R) y <i>Sphenolithus ciperensis</i> (VR).</p>

433	<p>Edad: Mioceno medio temprano (Zona CN4). Las especies estratigráficamente importantes incluyen: <i>Sphenolithus heteromorphus</i>, <i>Reticulofenestra pseudoumbilica</i>, y <i>Cyclicargolithus floridanus</i>.</p> <p>Otras especies incluyen: <i>Helicosphaera Kamptneri</i>, <i>H. euphrates</i>,? <i>H. ampliaperta</i>, <i>H. sellii</i>,? <i>Dictyococcites bisectus</i> (retrabajados?), <i>Discoaster variabilis</i>, <i>Coccolithus pelagicus</i>, <i>C. miopelagicus</i>, <i>Sphenolithus moriformis</i>, <i>Ponthosphaera multipora</i>, y <i>Reticulofenestra</i> spp. pequeña.</p> <p>Esta muestra es moderadamente bien preservada con frecuente? y placolitos rotos y sobrecrecimiento de sphenolitos.</p>
436A	<p>Edad: Mioceno medio a Plioceno temprano (Zonas CN4 a CN11). La determinación de la edad es basada en la presencia de <i>Reticulofenestra pseudoumbilica</i>. Otras especies incluyen: <i>Coccolithus pelagicus</i>,? <i>Umbilicosphaera sibogae</i>, y numerosas especies <i>Reticulofenestra</i> con sobrecrecimiento, con centros sólidos que dan semejanza superficial a especies <i>dictyococcites</i>. Algunos <i>Sphenolithus</i> sp. aff. <i>S. abies</i> fueron observados.</p> <p>La muestra contiene pocos nannofósiles que están usualmente rotos. Casi todos los nannofósiles originales parecen haber sido disueltos, con las pocas especies remanentes actuando como núcleos para la calcita disuelta.</p>
438	<p>Edad: Mioceno medio tardío a Mioceno tardío (Zonas CN7 a CN9). Las especies estratigráficamente importantes incluyen: <i>Discoaster quinquerramus</i>, <i>Reticulofenestra pseudoumbilica</i>, y <i>Coccolithus</i> aff. <i>C. miopelagicus</i>. Otras especies incluyen: <i>Coccolithus pelagicus</i>, <i>Sphenolithus abies</i>, <i>S. moriformis</i>, <i>Discoaster variabilis</i>, <i>D. cf. D. brouweri</i>, <i>D. berggrenii</i>, <i>Helicosphaera euphrates</i>, <i>H. carteri</i>, <i>H. Kamptneri</i>, <i>Reticulofenestra</i> spp. pequeña y <i>Umbilicosphaera sibogae</i>.</p> <p>La determinación de la edad es basada en la presencia de <i>Discoaster quinquerramus</i>.</p>
444B	<p>Edad: Oligoceno? (?Zonas CP16 a CP19). Esta muestra contiene especies de rango no más alto que el Paleoceno así como <i>Sphenolithus abies</i> el cual primero aparece en la base del Oligoceno. Otras especies incluyen: <i>Coccolithus pelagicus</i>, <i>C. miopelagicus</i>, <i>C. eopelagicus</i>, y numerosos <i>Sphenolithus</i> sp. aff. <i>S. abies</i> y <i>S. moriformis</i>. Un único espécimen de <i>Chiasmolithus</i> fue observado, cuyo centro es cercanamente oscurecido por partículas y sobrecrecimiento.</p>
445B	<p>Edad: Oligoceno tardío a Mioceno medio (Zonas CP19 a CN5A). Las especies estratigráficamente importantes incluyen: <i>Reticulofenestra pseudoumbilica</i>, <i>Sphenolithus</i> aff. <i>S. abies</i>, <i>Coccolithus miopelagicus</i>, <i>Cyclicargolithus floridanus</i>, y? <i>Dictyococcites abisectus</i>. Otras especies incluyen: <i>Coccolithus pelagicus</i>, <i>Umbilicosphaera sibogae</i>.</p> <p>Esta muestra contiene pocos nannofósiles (aproximadamente 1 por 2 campos de vista). La muestra es compuesta por aproximadamente 50% de</p>

	calcita.
446A	<p>Edad: Mioceno medio a Plioceno temprano (Zonas CN4 a CN11). La determinación de la edad es basada en la presencia de Reticulofenestra pseudoumbilica. Especies semejantes a Dictyococcites bisectus fueron observadas; sin embargo, esos especímenes son más probablemente sobrecrecimiento de Reticulofenestra pseudoumbilica. Esta muestra contiene pocos nannofósiles (aproximadamente 1 por 10 campos de vista).</p> <p>Otras especies incluyen: Coccolithus pelagicus, Sphenolithus aff. S.abies, y Pontosphaera spp.</p>
448	<p>Edad: Mioceno medio a Plioceno temprano (Zonas CN4 a CN11). La determinación de la edad es basada en la presencia de Reticulofenestra pseudoumbilica. Otras especies incluyen: Coccolithus pelagicus y Sphenolithus spp.</p> <p>Esta muestra presenta gran sobrecrecimiento y contiene pocos fósiles (1 o 2 por 20 campos de vista). La baja diversidad de conjunto es debido a la solución y reprecipitación de calcita la cual fue oscurecida o por especies removibles. Esta baja diversidad imposibilita una mayor exactitud en la determinación de la edad.</p>
453B	<p>Edad: Mioceno medio a Plioceno temprano (Zonas CN4 a CN11). La determinación de la edad es basada en la presencia de Reticulofenestra pseudoumbilica. Raros especímenes semejantes a Dictyococcites bisectus fueron observados; sin embargo, se cree que los especímenes son sobrecrecimientos de Reticulofenestra pseudoumbilica. Otras especies incluyen: Coccolithus pelagicus, Sphenolithus spp.</p> <p>Estos sedimentos contienen más del 75% de calcita y son el resultado de un alto sobrecrecimiento. La muestra contiene muy pocos fósiles (1 a 2 por 50 campos de vista). La baja diversidad de este conjunto es debido a la solución y precipitación de calcita la cual fue oscurecida o removida de las especies. La baja diversidad imposibilita una mayor exactitud en la determinación de la edad.</p>
454	<p>Edad: Neógeno indiferenciado. Esta muestra es moderadamente bien preservada con abundante (>90%) ocurrencia de especies pequeñas de Reticulofenestra (Grupo R. haqii - R. minutula - R. minuta). La determinación de la edad es basada en la presencia de seis especímenes, probablemente Discoaster variabilis. Otras especies incluyen: Sphenolithus abies y Coccolithus pelagicus. Debido a la baja diversidad de las especies de nannofósiles, una mayor exactitud en la determinación de la edad no es posible.</p>
455	<p>Edad: Oligoceno inferior a medio. Nannofósiles abundantes. La edad es basada en la ocurrencia de Cyclicargolithus floridanus (C), Dictyococcites abisectus (F), Sphenolithus cf moriformis (A), Dictyococcite cf. bisectus (F) y Sphenolithus distentus (VR).</p>
455D	<p>Edad: Mioceno temprano tardío a Mioceno medio temprano (Zonas CN2 a CN4).</p>

	<p>Los fósiles en la muestra no están bien preservados presentan piezas rotas, y moderado sobrecrecimiento. Las especies de importancia estratigráfica incluyen: <i>Sphenolithus heteromorphus</i>, <i>Sphenolithus ciproensis</i>, <i>Reticulofenestra pseudoumbilica</i>. Otras especies de importancia estratigráfica que son probablemente retrabajadas desde el Eoceno tardío - Oligoceno temprano incluye <i>Isthmolithus recurvus</i>, y cuestionable <i>Reticulofenestra umbilica</i>. Otras especies incluyen: <i>Coccolithus pelagicus</i>, <i>C. miopelagicus</i>, y <i>Sphenolithus abies</i> con sobrecrecimiento.</p>
456A	<p>Edad: Oligoceno inferior a medio. Nannofósiles comunes a abundantes. Nannofósiles significativos son: <i>Dictyococcites abisectus</i> (F), <i>D. bisectus</i> (F), <i>Sphenolithus</i> cf. <i>moriformis</i> (C), <i>Reticulofenestra umbilica</i> (VR) y <i>Sphenolithus distentus</i> (VR).</p>
456B	<p>Edad: Oligoceno tardío a Mioceno temprano (Zonas CP19 a CN1). Las especies estratigráficamente importantes incluyen: <i>Sphenolithus ciproensis</i>, <i>Coccolithus miopelagicus</i>, <i>Sphenolithus abies</i>,? <i>S. heteromorphus</i> (único espécimen), y <i>Reticulofenestra pseudoumbilica</i> (especímenes de <i>Dictyococcites abisectus</i> fueron observados; sin embargo, en ésta muestra hay alto sobrecrecimiento, estos pueden ser diagenéticamente morfotipos de <i>R. pseudoumbilica</i>).</p> <p>Otras especies incluyen: <i>Coccolithus pelagicus</i> y <i>Helicosphaera</i> aff. <i>H.Kamptneri</i>. Muchas "agujas" delgadas de calcita están presentes; sin embargo, ninguno exhibe una marcada "hoja" de <i>Triquetrorhabdulus carinatus</i>.</p> <p>Esta muestra es mayor al 75% de calcita presente bastante sobrecrecimiento como resultado. La diagénesis fue oscurecida y disolvió muchas características de nannofósiles individuales, reduciendo la diversidad y utilidad estratigráfica del conjunto.</p>
456C	<p>Edad: Paleógeno tardío/Neógeno. Esta muestra fue virtualmente estéril de fósiles (menos de 1 o 2 por 100 campos de vista examinados) y los fósiles que fueron observados fueron de uso limitado en la determinación de la edad.</p>
501A	<p>Edad: Oligoceno tardío (Zona CP19). Los nannofósiles se presentan comúnmente en esta muestra que es moderadamente bien preservada. La edad diagnóstico es basada en la presencia de las siguientes especies de importancia estratigráfica: <i>Sphenolithus predistentus</i>, <i>S. abies</i>, y <i>S. heteromorphus</i>, <i>Triquetrorhabdulus carinatus</i>, y <i>Reticulofenestra pseudoumbilica</i>. Otras especies incluyen: especies pequeñas de <i>Reticulofenestra</i> (Grupo <i>R. haqii</i> - <i>R. minutula</i> - <i>R. minuta</i>), <i>Chiasmolithus</i> cf. <i>C. grandis</i>, <i>Discoaster</i> cf. <i>D. variabilis</i>.</p>

RESUMEN RADIOLARIOS

Muestra No.	EDAD Y OBSERVACIONES
379	<p>Edad: Eoceno medio.</p> <p>Fósiles diagnóstico: Cyclampterium? sp., Phormocyrtis liqulata, Calocyclus hispida, Calocyclus semipolita, Cenosphaera spp., Dendrospyris didceros gr., Dictyoprora amphora gr., Dictyoprora mongolfieri, Dorcadospyris platyacantha?, Dorcadospyris? sp., Echinomma? spp.</p> <p>Zona: Podocyrtis ampla.</p>
501A	<p>Edad: Eoceno tardío a medio.</p> <p>Fósiles diagnóstico: Actinommids gen. Et spp., Calocyclus hispida, Cenosphaera spp., Dictyoprora mongolfieri, Eusyringium fistuligerum?, Spongodiscids gen. Et spp.</p> <p>Zona: indeterminada.</p> <p>La mayoría de las formas identificadas en esta muestra fueron también halladas en la muestra 379, implicando una posible misma edad.</p>

RESUMEN FORAMINÍFEROS

Muestra No.	EDAD Y OBSERVACIONES
300	<p>Edad: Mioceno medio-superior, probablemente medio (?)</p> <p>Paleoambiente: nerítico exterior - batial superior: probablemente corresponde a Bolivina imporcata Biofacies de Seiglie.</p> <p>Fósiles diagnóstico: Bolivina imporcata, Uvigerina isidroensis, Cassidulina sp., planctónicos poco densos: Globoturborotalia woodi, Globoquadrina dehiscens, Paragloborotalia siakensis/Neoglobosquadrina acostaensis, Orbulina suturalis, Globigerinoides obliquus.</p> <p>Edad de nannofósiles: Enógeno, indiferenciado (NYP).</p>
305	<p>Edad: Mioceno - Plioceno.</p> <p>Paleoambiente: probablemente nerítico medio.</p> <p>Fósiles diagnóstico: fauna diminutiva de Buliminella sp., Ammonia beccarii, Uvigerina cf. peregrina, Globobulimina spp., Bolivina spp., Globigerinoides cf. trilobites y moldes de gasterópodos. Preservación pobre regular.</p> <p>Edad de nannofósil: Neógeno, indiferenciado (NYP).</p>
308	<p>Edad: Mioceno - Plioceno.</p> <p>Paleoambiente: indeterminado.</p> <p>Fósiles diagnóstico: Globoturborotalita woodi (1).</p> <p>Edad de Nannofósil: Neógeno, indiferenciado (NYP).</p>
309A	<p>Edad: Mioceno - Plioceno.</p> <p>Paleoambiente: indeterminado pero probablemente nerítico.</p> <p>Fósiles diagnóstico: raros y diminutos foraminíferos planctónicos, incluyendo Globigerinita glutinata, Globigerina quinqueloba, Globoturborotalita sp. (probablemente G. drurgy o G. nepenthes). No bentónicos.</p> <p>Edad de nannofósiles: indeterminada (NYP).</p>
310	<p>Edad: indeterminada.</p> <p>Paleoambiente: probablemente batial superior, posiblemente nerítico</p>

	<p>inferior.</p> <p>Fósiles diagnóstico: Haplophragmoides cf. relativamente grandes.</p> <p>Edad de nannofósiles: indeterminada.</p>
313A	<p>Edad: indeterminada.</p> <p>Paleoambiente: probablemente nerítico inferior, puede representar depósitos de desborde de canales asociados con turbiditas, de acuerdo con Seiglie.</p> <p>Fósiles diagnóstico: relativamente comunes Trochammina globigeriniformis.</p> <p>Edad de nannofósiles: indeterminada (NYP).</p>
317	<p>Edad: indeterminada.</p> <p>Paleoambiente: Batial, probablemente medio a inferior.</p> <p>Fósiles diagnóstico: exclusivamente grupos aglutinados, incluyendo Haplophragmoides cf. y de pared-gruesa H. sp., con menos pared densa Trochammina sp. y Martinottiella sp.</p> <p>Edad de nannofósiles: indeterminada (NYP).</p>
321B	<p>Edad: indeterminada.</p> <p>Paleoambiente: probablemente nerítico medio-exterior o profundo.</p> <p>Fósiles diagnóstico: Uvigerina spp.</p> <p>Edad de nanofósiles: no determinada (NYP).</p>
323B	<p>Edad: probablemente Eoceno - Mioceno.</p> <p>Paleoambiente: probablemente batial.</p> <p>Fósiles diagnóstico: Haplophragmoides sp. (?) 1 fragmento, probablemente de Spiroplectammina cf. cubensis.</p> <p>Edad de nannofósiles: indeterminada (NYP)</p>
325	<p>Edad: Mioceno medio o inferior, probablemente Mioceno inferior.</p> <p>Paleoambiente: Nefrítico exterior-medio.</p> <p>Fósiles diagnóstico: Lenticulina calcar, Hanzawaia sp. (común), Uvigerina sp. estriada, Rotorbinella sp., Globocassidulina subglobosa pequeña, Florilus sp. Planctónicos: Globigerinoides trilobus, e cluyen algunos indeterminados con G. bisphericus, Globigerina praebulloides, Globoturborotalia woodi, Globigerinoides obliquus (extremus?), Orbulina suturalis (?). Preservación pobre a media.</p>

	Edad de nannofósiles: probablemente Oligoceno superior - Mioceno inferior (NYP).
327B	Edad: indeterminada. Paleoambiente: indeterminado, pero probablemente nerítico exterior a batial. Fósiles diagnóstico: Cibicoides sp., Globorotaloides (?) sp. muy esparcidos, grupo pobremente preservado. Edad de nannofósiles: indeterminada (NYP).
329	Edad: probablemente Mioceno medio a Plioceno. Paleoambiente: Nerítico exterior a batial superior; puede representar Bolivina imporcata biofacies de Seiglie. Fósiles Diagnóstico: Lenticulina calcar, Gyroidina cf. altiformis, Martinottiella cf. communis, Uvigerina isidroensis/ peregrina, Plectofrondicularia sp., Planulina compressa, y Sphaerodinelopsis subdehiscens. Edad de nannofósiles: indeterminada (NYP).
330	Edad: Mioceno medio a Mioceno superior o Plioceno inferior. Paleoambiente: Nerítico exterior a batial superior; probablemente representando Bolivina imporcata Biofacies de Seiglie. Fósiles Diagnóstico: abundante fauna bentónica incluye Bolivina imporcata, Uvigerina isidroensis/peregrina, Cibicorbis herricki, Haplophragmoides spp., costate Bolivina sp., Cassidulina spp. planctónicos raros: Orbulina universa, O. suturalis (?). Edad de nannofósiles: indeterminada (NYP).
331	Edad: Mioceno medio a superior. Paleoambiente: Batial superior a medio. Fósiles Diagnóstico: Bolivina imporcata y costate B. spp., Uvigerina isidroensis/peregrina, Cibicorbis herricki, Haplophragmoides spp., Transversigerina lamellata, Planulina compressa y P. spp., Marginulinopsis basispinosus, Hanzawaia isidroensis, Martinottiella cf. communis. Planctónicos: Orbulina universa, O. suturalis, Globigerinoides trilobus, G. obliquus, Globoquadrina baroemouensis, Sphaerodinelopsis subdehiscens, S. kochi. Edad de nannofósiles: probablemente Oligoceno a Mioceno inferior (buen grupo de foraminíferos diagnóstico para post-Mioceno inferior) (NYP).
332	Edad: Mioceno medio a Plioceno. Paleoambiente: probablemente nerítico exterior a batial superior; representa Bolivina imporcata biofacies de Seiglie.

	<p>Fósiles Diagnóstico: Lenticulina calcar, Uvigerina isidroensis/peregrina, Bolivina imporcata, Planulina spp., Globocassidulina subglobosa, Haplophragmoides spp. Foraminíferos planctónicos ausentes.</p> <p>Edad de nannofósiles: indeterminada (NYP).</p>
333	<p>Edad: indeterminada.</p> <p>Paleoambiente: probablemente nerítico exterior a medio.</p> <p>Fósiles Diagnóstico: rara y pequeña Hanzawaia sp., Uvigerina peregrina.</p>
335	<p>Edad: indeterminada.</p> <p>Paleoambiente: probablemente nerítico exterior a batial superior.</p> <p>Fósiles Diagnóstico: Leinticulina calcar (dominante), pequeña Uvigerina peregrina, Planulina cf. compressa, Hanzawaia sp.</p> <p>Edad de nannofósiles: indeterminada (NYP).</p>
336	<p>Edad: Mioceno medio a Plioceno inferior.</p> <p>Paleoambiente: Nerítico exterior a batial superior.</p> <p>Fósiles Diagnóstico: Lenticula calcar, Hanzawaia sp., Transversigerina lamellata, Martinottiella cf. communis (juveniles?), pequeña Globocassidulina subglobosa.</p> <p>Edad de nannofósiles: indeterminada (NYP)</p>
338	<p>Edad: Mioceno superior a medio, probablemente medio.</p> <p>Paleoambiente: Batial superior.</p> <p>Fósiles Diagnóstico: Planulina compressa, Lenticulina calcar, Hanzawaia isidroensis (Cibicorbis herricki?), Marginulinopsis basispinosus, Martinotiella cf. communis, Oridorsalis tener, Bulimina cf. inflata, Foraminíferos planctónicos escasos: Globigerinoides trilobus, G. obliquus, Orbulina cf. suturalis, Globoquadrina altispira.</p> <p>Edad de nannofósiles: indeterminada (NYP).</p>
339	<p>Edad: Oligoceno superior, probablemente P.21 (Zona Paragloborotalia opima).</p> <p>Paleoambiente: Batial medio a profundo.</p> <p>Fósiles Diagnóstico: predominantemente planctónicos, notablemente Dentoglobigerina tripartita, Paragloborotalia nana, P. opima, Subbotina prasaepis, Globigerina cf. angulisuturalis, Catapsydrax dissimilis, Cassigerinella Chipolensis. Chiloquembelina absent. Raro foraminífero bentónicos: Planulina renzi, Cibicoides haitiensis, C. spp., Vulvulina spinosa, Karreriella sp.</p>

	Edad de nannofósiles: Oligoceno (NYP).
340	<p>Edad: Oligoceno, probablemente superior.</p> <p>Paleoambiente: Batial.</p> <p>Fósiles Diagnóstico: <i>Dentoglobigerina tripartita</i> pobremente preservada, <i>Paragloborotalia nana</i>, <i>Subbotina prasaepis</i>; generalmente similar a 339, pero menos diversa. Esparcidos foraminíferos bentónicos incluyen <i>Cibicidoides</i> spp.</p> <p>Edad de nannofósiles: Oligoceno (NYP).</p>
341	<p>Edad: Oligoceno superior, probablemente P.21.</p> <p>Paleoambiente: Batial, probablemente medio a inferior.</p> <p>Fósiles Diagnóstico: <i>Dentoglobigerina tripartita</i>, <i>Catasydrax dissimilis</i>, <i>Paragloborotalia opima</i>. Foraminíferos bentónicos incluyen <i>Cibicides pippeni</i>, <i>C. spp.</i>, <i>Osangularia mexicana</i>.</p> <p>Edad de nannofósiles: Oligoceno (NYP).</p>
342	<p>Edad: Mioceno medio a Plioceno/Eoceno-Oligoceno (mezclado).</p> <p>Paleoambiente: probablemente nerítico externo a batial superior.</p> <p>Fósiles Diagnóstico: formas bien preservadas incluyen <i>Bolivina imporcata</i>, <i>B. cf. multicosata</i>, sp., <i>Hanzawaia</i> sp., <i>Cibicidoides compressa</i>, <i>Lenticulina calcar</i>; no planctónicos. Pobremente preservados, formas esparcidas son foraminíferos planctónicos del Eoceno-Oligoceno.</p> <p>Edad de nannofósiles: Oligoceno a Mioceno inferior (NYP).</p>
343	<p>Edad: Eoceno a Oligoceno.</p> <p>Paleoambiente: probablemente batial.</p> <p>Fósiles Diagnóstico: grupos pobremente preservados incluyen <i>Paragloborotalia nana</i>, <i>Catapsydrax</i> sp., <i>Subbotina prasaepis</i>, <i>Gyroidina</i> sp., <i>Cibicidoides cf. tuxpamensis</i>, <i>Lenticulina</i> sp.</p> <p>Edad de nannofósiles: indeterminada (NYP).</p>
344	<p>Edad: Mioceno medio (N.9 - N.11).</p> <p>Paleoambiente: probablemente batial medio a superior.</p> <p>Fósiles Diagnóstico: grupo bien preservado, relleno distintivamente de color rojo: <i>Uvigerina rugosa</i>, <i>Quinqueloculina seminulina</i>, <i>Bolivina imporcata</i>, <i>B. multicosata</i>, <i>Bulimina inflata</i>, grande <i>Cibicidoides</i> sp., <i>Globobulimina</i> spp. foraminíferos planctónicos: <i>Orbulina suturalis</i> (dominante), <i>Globigerinoides trilobus</i>, <i>G. subquadratus</i>, <i>Paragloborotalia</i>, cf. <i>siakensis</i>.</p>

	Edad de nannofósiles: indeterminada (NYP).
345	<p>Edad: lo más probable Mioceno inferior superior a medio inferior con mezcla Eoceno-Oligoceno.</p> <p>Paleoambiente: indeterminado.</p> <p>Fósiles Diagnóstico: mezcla de foraminíferos muy pobremente preservados del Eoceno-Oligoceno (?) con 1 o 2 fósiles manchados de rojo, incluyendo Praeorbulina glomerosa (?).</p> <p>Edad de nannofósiles: indeterminada (NYP) Nota: es posible que ambos juegos de fósiles estén contaminados.</p>
346	<p>Edad: probablemente Mioceno medio con mezcla de Eoceno Oligoceno.</p> <p>Paleoambiente: probablemente Batial superior.</p> <p>Fósiles Diagnóstico: grupos dispersos teñidos de rojo incluyendo Valvulineria inaequalis elongata, Martinottiella cf. communis, Lenticulina spp., Cibicidoides spp., Hoeglundina elegans, Orbulina suturalis, con foraminíferos planctónicos raros pobremente preservados del Eoceno-Oligoceno.</p> <p>Edad de nannofósiles: Oligoceno a Mioceno inferior (NYP).</p>
351	<p>Edad: Mioceno medio a Plioceno; puede ser límite del Mioceno medio medio (N10 - N12).</p> <p>Paleoambiente: indeterminado, pero probablemente nerítico exterior a batial.</p> <p>Fósiles Diagnóstico: un espécimen único roto, incrustado de Globorotalia sp., el cual puede ser G. praemenardii (N10- N12) o G. limbata (Mioceno medio-Plioceno).</p> <p>Edad de nannofósiles: indeterminada (NYP).</p>
352	<p>Edad: Oligoceno inferior, probablemente P18, posiblemente P19/20.</p> <p>Paleoambiente: Batial medio.</p> <p>Fósiles Diagnóstico: abundante fauna de ?, ? blancuzco, dominado por foraminíferos planctónicos. Los planctónicos incluyen: Turborotalia pseudoampliapertura, Paragloborotalia nana, Paragloborotalia increbescens, Chiloguenbelina cubensis, Subbotina angiporoides, Tenuitella gemma, Catapsydrax dissimilis. Los bentónicos incluyen: Osangularia sp. Vulvulina spinosa, ammodiscus incertus, grande Cibicidoides spp. el foraminífero planctónico Pseudohastigerina spp. es aparentemente ausente.</p> <p>Edad de nannofósiles: Oligoceno medio a inferior (NYP).</p>
356B	Edad: Mioceno medio inferior a inferior.

	<p>Paleoambiente: indeterminado, pero probablemente nerítico exterior a batial.</p> <p>Fósiles Diagnóstico: grupo de foraminíferos planctónicos muy dispersos, con coloración rojiza para preservación: Globigerina cf. praebulloides, Globigerinoides inmmaturus, Paragloborotalis cf. acrostoma (?).</p> <p>Edad de nannofósiles: indeterminada (NYP).</p>
359	<p>Edad: Mioceno a medio a Plioceno.</p> <p>Paleoambiente: probablemente batial superior.</p> <p>Fósiles Diagnóstico: Foraminíferos planctónicos esencialmente ausentes. Foraminíferos bentónicos incluyen: Bolivina imporcata, Uvigerina rugosa, Plectofrondicularia spp., Uvigerina pigmaea, Epistominella cf. pulchella, y Globocassidulina subglobosa.</p> <p>Edad de nannofósiles: indeterminada (NYP).</p>
360A	<p>Edad: indeterminada.</p> <p>Paleoambiente: probablemente batial superior.</p> <p>Fósiles Diagnóstico: formas predominantemente muy aglutinadas, particularmente grandes (largas), Haplophragmoides spp. robusto, con raras Cibicidoides spp. grande, Uvigerina sp. (costate).</p> <p>Edad de nannofósiles: indeterminada (NYP).</p>
361A	<p>Edad: Mioceno a Mioceno superior inferior (N8-entre N16).</p> <p>Paleoambiente: probablemente batial superior.</p> <p>Fósiles Diagnóstico: Bolivina imporcata, Uvigerina carapitana, U. rugosa, U. cf. pigmaea, Martinottiella cf. communis. Foraminíferos planctónicos esencialmente ausentes.</p> <p>Edad de nannofósiles: Oligoceno a Mioceno medio (NYP).</p>
361C	<p>Edad: Mioceno medio medio.</p> <p>Paleoambiente: Batial superior, o quizás medio.</p> <p>Fósiles Diagnóstico: Foraminíferos planctónicos incluyen Orbulina suturalis, O. universa, Globogenerinopsis aguasayensis, Globigerinoides subquadratus, Paragloborotalia siakensis, y Globorotalia praemenardii. Los bentónicos incluyen: Vulvulina sp., Bolivina imporcata, Uvigerina rugosa, U. pigmea, Martinottiella cf. communis, Globobulina sp. grandes y Chilostomella ovoidea.</p>
366	<p>Edad: indeterminada.</p> <p>Paleoambiente: Batial medio a superior.</p>

	<p>Fósiles Diagnóstico: grupo completamente aglutinado, dominado por Haplophragmoides spp., con Ammodiscus sp., Martinottiella cf. communis.</p> <p>Edad de nannofósiles: indeterminada (NYP).</p>
367	<p>Edad: indeterminada.</p> <p>Paleoambiente: Batial.</p> <p>Fósiles Diagnóstico: Haplophragmoides sp. grande, relativamente globosa, Martinottiella communis.</p> <p>Edad de nannofósiles: indeterminada (NYP).</p>
370A	<p>Edad: Mioceno medio (N9-N13).</p> <p>Paleoambiente: Batial, probablemente superior.</p> <p>Fósiles Diagnóstico: Foraminíferos planctónicos incluye Orbulina Universa, O. Suturalis, Globigerinella siphonifera, Paragloborotalia siakensis, Globigerinoides subquadratus. El grupo de bentónicos incluyen: Planulina renzi, P. cf. marialana, Uvigerina ecuadorana, Melonis soldanii, Globocassidulina subglobosa grande, Hanzawaia mantaensis y Rectuvigerina cf. hubbardi.</p> <p>Edad de nannofósiles: Oligoceno a Mioceno inferior (NYP).</p>
379A	<p>Edad: indeterminada.</p> <p>Paleoambiente: Batial.</p> <p>Fósiles Diagnóstico: Haplophragmoides sp. de pared gruesa fragmentaria y tubos aglutinados.</p> <p>Edad de nannofósiles: indeterminada (NYP).</p>
383A	<p>Edad: indeterminada.</p> <p>Paleoambiente: Batial.</p> <p>Fósiles Diagnóstico: Martinottiella sp., Haplophragmoides sp.</p> <p>Edad de nannofósiles: indeterminada (NYP).</p>
385	<p>Edad: indeterminada.</p> <p>Paleoambiente: Batial.</p> <p>Fósiles Diagnóstico: Haplophragmoides sp. raro, Martinottiella sp.</p> <p>Edad de nannofósiles: indeterminada (NYP).</p>
393	<p>Edad: Mioceno medio a inferior (?), pero muy tentativamente.</p> <p>Paleoambiente: indeterminado.</p>

	<p>Fósiles Diagnóstico: fauna dispersa, pobremente preservada incluye Paragloborotalia cf. siakensis, Cibicidoides spp.</p> <p>Edad de nannofósiles: Oligoceno medio a inferior (NYP).</p>
394A	<p>Edad: indeterminada.</p> <p>Paleoambiente: Nerítico, probablemente medio, posiblemente interior.</p> <p>Fósiles Diagnóstico: formas pequeñas, pobremente preservadas, incluye Hanzawaia sp., Cibicidoides sp. (pequeña), Valvulinera aff. venezolana, Quiqueloculina sp., Ammonia sp., Buliminella sp., echinoid spines. Foraminíferos planctónicos ausentes.</p>
394B	<p>Edad: indeterminada.</p> <p>Paleoambiente: Nerítico, probablemente medio, posiblemente interior.</p> <p>Fósiles Diagnóstico: especímenes muy pobremente preservados de valvulinera sp., Cibicidoides sp. (pequeña), Hanzawia sp., Bolivina sp. (pequeña).</p>
396A	<p>Edad: indeterminada.</p> <p>Paleoambiente: indeterminado. Probablemente o batial superior (más probable) o marino marginal.</p> <p>Fósiles Diagnóstico: Haplophragmoides sp.,? Trochammina sp., radiolarios.</p>
397A	<p>Edad: indeterminada, pero probablemente Mioceno medio a más joven, posiblemente con mezcla Eoceno/Oligoceno.</p> <p>Paleoambiente: Batial medio a superior.</p> <p>Fósiles Diagnóstico: grupo de foraminíferos bentónicos predominantemente aglutinados, incluyendo Ammodiscus sp., Cyclamina cf. rotundidorsata,? Ammobaculites sp. (fragmentos), Cibicidoides sp., Haplophragmoides spp. grande (dominante). Trochammina sp. Los foraminíferos planctónicos incluyen 2 especímenes pobremente preservados, probablemente Oligoceno/Eoceno (pero indiferenciado) y 1 fragmento de Globorotalia sp.</p>
397B	<p>Edad: Mioceno medio (N8 - N14).</p> <p>Paleoambiente: Batial, probablemente superior.</p> <p>Fósiles Diagnóstico: Paragloborotalia cf. siakensis, Globigerinoides trilobus, Uvigerina rugosa, U. carapitana, Cibicidoides cressi, Martinottiella cf. communis, Globoquadrina altispira.</p>
397C	<p>Edad: probablemente Mioceno medio.</p> <p>Paleoambiente: Batial, probablemente medio a superior.</p>

	Fósiles Diagnóstico: <i>Orbulina suturalis</i> , <i>Cibicorbis herricki</i> , <i>Quinqueloculina seminulina</i> , <i>Gyroidina planulata</i> , <i>G. altiformis</i> , <i>Cibicoides sinistralis</i> , <i>melonis soldanii</i> , <i>Planulina cf. marialana</i> .
427A	Edad: Eoceno a Oligoceno (tentativa). Paleoambiente: Batial medio o profundo. Fósiles Diagnóstico: fauna bentónica pobremente preservada incluyendo <i>Vulvulina spinosa</i> , <i>Martinottiella cf. communis</i> , <i>Cibicoides grimsdalei</i> , con comunes fragmentos aglutinados con robustos haplophragmoides/ <i>Cyclamina sp.</i> Foraminíferos planctónicos ausentes. Edad de nannofósiles: Mioceno medio inferior.
427B	Edad: indeterminada. Paleoambiente: probablemente batial. Fósiles Diagnóstico: fragmentos aglutinados muy esparcidos con muy raros, aparentemente robustos <i>Haplophragmoides sp.</i>
428A	Edad: probablemente Eoceno a Oligoceno, posiblemente Mioceno. Paleoambiente: probablemente batial medio o profundo. Fósiles Diagnóstico: fragmentos de <i>Haplophragmoides sp.</i> de paredes gruesas y <i>Spiroplectamina cf. cubensis</i> . Edad de nannofósiles: Mioceno medio a Plioceno inferior (KRK).
428B	Edad: Oligoceno inferior a Mioceno medio. Paleoambiente: indeterminado. Fósiles Diagnóstico: grupo muy esparcido incluyendo <i>Haplophragmoides sp.</i> , <i>Gyroidina sp.</i> , <i>Cassigerinella chipolensis</i> , <i>Tenuitella clemenciae</i> . Edad de nannofósiles: Mioceno medio inferior (KRK).
429	Edad: Oligoceno superior (Zona P.21). Paleoambiente: Batial, probablemente medio o profundo. Fósiles Diagnóstico: <i>Stilostomella sp.</i> , <i>Nodosaria longiscata</i> , <i>Uvigerina cf. mexicana</i> , <i>U. cf. nutalli (?)</i> , <i>Osangularia mexicana</i> , <i>Martinottiella cf. communis</i> , <i>Glomospira sp.</i> , <i>Ammodiscus spp.</i> , <i>Cibicoides spp.</i> , <i>Catapsydrax dissimilis</i> , <i>Globorotaloides suteri</i> , <i>Paragloborotalia opima</i> , <i>subbotina cf. prasaepis</i> . Edad de nannofósile: Oligoceno superior (KRK).
430	Edad: indeterminada. Paleoambiente: Batial, probablemente medio a inferior.

	<p>Fósiles Diagnóstico: <i>Martinottiella</i> sp., <i>Dorothia</i> sp., <i>Ammodiscus</i> sp., <i>Oridorsalis umbonatus</i>.</p> <p>Edad de nannofósiles: (no examinada).</p>
431A	<p>Edad: indeterminada.</p> <p>Paleoambiente: probablemente nerítico interior.</p> <p>Fósiles Diagnóstico: <i>Valvulineria</i> sp. (grupo disperso), foraminíferos planctónicos ausentes.</p> <p>Edad de Nannofósiles: indeterminada.</p>
433	<p>Edad: probablemente Mioceno inferior superior, posiblemente Mioceno medio inferior.</p> <p>Paleoambiente: Batial medio a superior.</p> <p>Fósiles Diagnóstico: <i>Martinottiella</i> cf. <i>communis</i>, <i>Oridorsalis umbonata</i>, <i>O. tener</i>, <i>Planulina</i> cf. <i>marialana</i>, <i>Anomalinoidea</i> sp., <i>Globigerina praebulloides</i>, <i>Globigerinoides subquadratus</i>, <i>G.</i> cf. <i>bisphericus</i>, <i>G. bisphericus/P. sicanus</i>, <i>G. trilobus</i>, <i>Globoquadrina dehiscens</i>, <i>Paragloborotalia</i>, <i>Globorotalia praescitula</i>.</p> <p>Edad de nannofósiles: Mioceno medio inferior (KRK).</p>
434	<p>Edad: probablemente Eoceno a Mioceno.</p> <p>Paleoambiente: Batial, probablemente superior a medio.</p> <p>Fósiles Diagnóstico: <i>Spiroplectammina cubensis</i>, <i>Martinottiella</i> cf. <i>communis</i>, <i>Trochammina</i> cf. <i>globigeriniformis</i>, <i>Textularia</i> sp.</p> <p>Edad de nannofósiles: indeterminada (KRK).</p>
436A	<p>Edad: caracterizado muy pobremente: probablemente Oligoceno.</p> <p>Paleoambiente: probablemente nerítico exterior a batial.</p> <p>Fósiles Diagnóstico: grupo pobremente preservado y disperso incluye: <i>Dentoglobigerina</i> cf. <i>tripartita</i>, <i>Bolivina aliformis</i>, <i>Cibicides/Hanzawaia</i> sp., <i>Dentalina/Stilostomella</i> sp.</p> <p>Edad de nannofósiles: medio a Plioceno inferior (KRK).</p>
436B	<p>Edad: indeterminada.</p> <p>Paleoambiente: probablemente batial.</p> <p>Fósiles Diagnóstico: <i>Martinottiella</i> cf. <i>communis</i>,? <i>Trochammina</i> sp.</p> <p>Edad de nannofósiles: indeterminada (KRK).</p>

439A	<p>Edad: Mioceno inferior, posiblemente Oligoceno.</p> <p>Paleoambiente: Batial, probablemente superior a medio.</p> <p>Fósiles Diagnóstico: predominantemente formas aglutinadas, incluyendo Ammobaculites de pared gruesa, Dorothis sp., Haplophragmoides spp., Reophax sp.,? Ammodiscus sp. Otros foraminíferos bentónicos incluye Uvigerina mexicana, Nodosaria longiscata, Foraminíferos planctónicos ausentes.</p> <p>Edad de nannofósiles: indeterminada (KRK).</p>
440A	<p>Edad: indeterminada (Eoceno?).</p> <p>Paleoambiente: probablemente batial.</p> <p>Fósiles Diagnóstico: comunes radiolarios, foraminíferos ausentes.</p> <p>Edad de nannofósiles: indeterminada (KRK).</p>
440B	<p>Edad: indeterminada (Eoceno).</p> <p>Paleoambiente: probablemente batial.</p> <p>Fósiles Diagnóstico: abundantes radiolarios, foraminíferos ausentes.</p> <p>Edad de nannofósiles: indeterminada (KRK).</p>
442C	<p>Edad: Eoceno a Mioceno.</p> <p>Paleoambiente: Batial.</p> <p>Fósiles Diagnóstico: Spiroplectammina cf. cubensis (dominante), con rara Vermeulina sp.,? Alveolophragmiun sp.</p> <p>Edad de nannofósiles: indeterminada (KRK).</p>
443	<p>Edad: Mioceno a ? Eoceno tardío, reconocido por Seiglie.</p> <p>Paleoambiente: probablemente batial. Puede corresponder a biofacies de radiolarios de agua profunda.</p> <p>Fósiles Diagnóstico: contiene únicamente radiolarios.</p> <p>Edad de nannofósiles: indeterminada (KRK).</p>
444B	<p>Edad: Eoceno inferior a medio, probablemente medio.</p> <p>Paleoambiente: Batial.</p> <p>Fósiles Diagnóstico: grupo recristalizado, muy pobremente preservado, predominantemente planctónicos, incluyendo Subbotina spp. Acarinina spp., Acarinina cf. bullbrooki. Foraminíferos bentónicos muy raros, Cibicidoides spp.</p>

	Edad de nannofósiles: ? Oligoceno, pero aparentemente mezclado (KRK).
445B	Edad: Mioceno inferior, Zona Uvigerina mexicana (N4-N5). Paleoambiente: Batial medio a superior. Fósiles Diagnóstico: Melonis soldanii, Oridorsalis tener, O. umbonatus, Cibicoides cf. compressus, C. spp. Gyroidina cf. perampla, Uvigerina mexicana, U. gallowayi. Foraminíferos planctónicos raros, irreconocibles. Edad de nannofósiles: indeterminada (KRK).
447A	Edad: indeterminada. Paleoambiente: probablemente batial. Fósiles Diagnóstico: Haplophragmoides sp. de pared gruesa y fragmentos aglutinados raros.
448	Edad: Mioceno medio a inferior superior. Paleoambiente: probablemente batial. Fósiles Diagnóstico: Uvigerina carapitana. Edad de nannofósiles: Mioceno medio - Plioceno medio.
455	Edad: Eoceno superior a Oligoceno inferior. Paleoambiente: probablemente batial medio. Fósiles Diagnóstico: foraminíferos planctónicos recristalizados incluye Subbotina linaperta/angiporoides, S. eocaena, Dentoglobigerina tripartita, D. yeguaensis. Chiloquembelina sp., S. cf. prasaepis, "Globorotalia" increbescens bentónicos: Bulimina cf. tuxpamensis/bradburyi, Nonion cf. havanense, Gyroidina spp., Cibicoides grimsdalei, C. cf. ungerianus, Spiroplectammina cf. cubensis, Vulvulina spinosa. Edad de nannofósiles: Mioceno medio a Plioceno inferior (KRK).
456	Edad: Eoceno superior a Oligoceno inferior. Paleoambiente: probablemente batial medio. Fósiles Diagnóstico: igual asociación que la muestra 455. Edad de nannofósiles: Mioceno medio a Plioceno inferior (KRK).
465 ^a	Edad: indeterminada (Eoceno?). Paleoambiente: probablemente nerítico. Fósiles Diagnóstico: Cassidulina sp. (2), fragmentos de moluscos. Edad de nannofósiles: indeterminada (KRK).

467	Edad: Mioceno medio a más joven. Paleoambiente: Nerítico ? Fósiles Diagnóstico: grupo muy disperso, domiando por Lenticulina calcar, con Hanzawia sp., Orbulina sp. (?). Globigerinoides trilobus/quadrilobatus. Edad de nannofósiles: Neógeno superior? (KRK).
-----	--

Nota: Las siguientes determinaciones de edad pueden ser reexaminadas a la luz de las discrepancias entre edades de nannofósiles y foraminíferos.

Muestra No.	EDAD Y OBSERVACIONES
379	<p>Estéril</p> <p>Radiolarios: grupo de radiolarios bien desarrollados de esta muestra pudo ser datado como Eoceno medio medio (Zona Podocyrtilis amplia).</p>
455D	<p>Edad: probablemente Oligoceno inferior, pero no completamente diagnóstico.</p> <p>Paleoambiente: Batial, probablemente medio o superior.</p> <p>Fósiles Diagnóstico: Globorotaloides suteri. Catapsydrax perus, Dentoglobigerina cf. tripartita, Subbotina cf. angiporoides, Oridorsalis umbonatus, Globocassidulina subglobosa, Cibicoides spp. grande, Cibicoides cf. grimsdalei, Glomospira sp.</p>
501A	<p>Estéril.</p> <p>Radiolarios: grupo de radiolarios pobremente desarrollados de esta muestra pudo ser datado como Eoceno superior a medio.</p>

ANEXO PETROGRÁFICO

MESTRA No. 302B Unidad 8a.

Litología general: Arenisca (litoarenita) con cemento calcáreo.

Rasgos texturales: buen calibrado, 0,05-0,25; principalmente fragmentos de rocas volcánicas probablemente alterados a tobas (dacíticas?); angulares a subangulares; micas, pueden ser fragmentos de esquistos, escasos máficos cloritizados; diseminada hematita fina.

Porosidad: no visible.

Mineralogía, Porcentaje por volumen:

Cuarzo	40-45
Fragmentos de rocas volcánicas	20-25
Carbonatos, cementos esparítico	10-15
Feldespato plagioclasa	5-10
Feldespato alcalino	2-5
Arcilla detrítica	2-5
Chert	2-5
Biotita, alterada	1-2
Moscovita, clorita, circón esfena, orgánicos Trazas	

Posible proveniencia: fuente principal rocas volcánicas, material basamento cristalino.

MUESTRA No. 303 Unidad 4b

Litología general: caliza de foraminíferos (Globigerinoides).

Rasgos textura: Matriz de lodo fino.

MUESTRA No. 306A Unidad 8c.

Litología general: arenisca.

Rasgos texturales: calibrado muy pobre; limo hasta 2 mm; granos grandes en su mayoría de cuarzo policristalino (venas o metacuarcitas) y subangulares a subredondeados; diversos fragmentos de limolitas; material fino pardo diseminado a través del sistema de poros (siderita?, biotita oxidada).

Porosidad: 10-15%, principalmente intergranular, porosidad por disolución ($\pm 2\%$).

Mineralogía, porcentaje por volumen:

Cuarzo	65-10
Fragmentos de rocas, cuarzo policristalino	15.20
Porosidad	10-15
Chert	1-2
Feldespatos alcalinos, plagioclasas, moscovita, biotita, turmalina y opacos.	Trazas

MUESTRA No. 306B Unidad 8c

Litología general: como la muestra 306A, pero con un poco más de feldespatos.

Posible proveniencia: probablemente metacuarcitas debido a la falta de feldespatos, máficos y fragmentos de rocas volcánicas.

MUESTRA No. 309B Unidad 8c

Litología general: areniscas con cemento calcáreo.

Rasgos texturales: buen calibre, 0,2 - 0,6 mm, moda 0,5; interestratificadas con caliza arenosa matrizsoportada (contemporánea); principalmente subangular; escasos foraminíferos y fragmentos de plantas; abundantes tobas volcánicas de grano fino y flujos; algunos fragmentos de rocas plutónicas (cuarzo – mica - feldespato potásico) escasos fragmentos de esquistos micáceos.

Porosidad: no visible.

Mineralogía, porcentaje por volumen:

Cuarzo	40-45
Fragmentos de rocas volcánicas	25-30
Feldespato plagioclasa	20-25
Feldespato alcalino	2-5
Chert	2-5
Moscovita, biotita, anfíbol verde	Trazas

Posible proveniencia: principalmente volcánica.

MUESTRA No. 313B Unidad 8c

Litología general: arenisca (litoarenita).

Rasgos texturales: buen calibrado; 0,1 - 0,5 mm; cerca de la mitad de los granos son máficos altamente meteorizados, probablemente biotita, o fragmentos de rocas volcánicas en varios estados de alteración.

Porosidad: 20-25% visible, distintos porcentajes debido a la disolución de granos inestables.

Mineralogía, porcentaje por volumen:

Cuarzo	35-40
Fragmentos de rocas volcánicas	20-25
Porosidad	20-25
Biotita, usualmente alterada	5-10
Arcilla, detrítica o producto de alteración	2-5
Feldespatoplagioclasa	2-5
Chert	1-2
Feldespatoplagioclasa, moscovita, anfíbol, epidota.	Trazas

MUESTRA No. 313D Unidad 8a

Litología general: Arenisca con cemento calcáreo.

Rasgos texturales: pobre calibrado; 0,05-1,00 mm; angular a subangular cemento esparítico limpio.

Mineralogía, porcentaje por volumen:

Cuarzo	55-60
Feldespatoplagioclasa, zonado o marcado	15-20
Carbonato, cemento	10-15

Fragmentos de rocas volcánicas	5-10
Anfíbol, verde	2-5
Biotita	1-2
Moscovita, clorita, arcilla (detrítica), feldespato alcalino, fragmentos de limolita	Trazas

MUESTRA No. 313E Unidad 8a

Litología general: Arenisca con cemento calcáreo.

Rasgos texturales: pobre calibrado; 0,1-1,0 mm; de otra manera, se presentan trazas de mirmequita, clorita y pertita.

MUESTRA 314B Unidad 8a

Litología general: Arenisca con cemento calcáreo.

Rasgos texturales: buen calibrado, 0,1- 0,3 mm; subangular a subredondeado; menos máficos que en la muestra No. 313E; diversos fragmentos de rocas volcánicas (tobas cristalinas o líticas) con fenocristales de biotita alterado o anfíbol; foraminíferos y algas diseminados.

Porosidad: no visible.

Mineralogía, porcentaje por volumen.

Cuarzo	35-40
Fragmentos de rocas volcánicas	15-20
Carbonato, cemento esparítico	15-20
Feldespato plagioclasa	15-20
Feldespato alcalino	2-5
Chert	2-5
Arcilla	1-2

Biotita, frecuentemente en escamas	
grandes	1-2
Anfíbol verde	1-2
Moscovita, esfena, orgánicos, circón	Trazas

MUESTRA No. 315A Unidad 8a

Litología general: Arenisca con cemento calcáreo.

Rasgos texturales: pobre a buen calibrado, 0,1 - 1,0 mm; raramente hasta 1,5 mm; principalmente subangular a subredondeado.

Porosidad: no visible.

Mineralogía, porcentaje por volumen: como la muestra No. 314B excepto por las trazas de epidota y algunos granos de cuarzo policristalino.

MUESTRA No. 315B Unidad 8a

Litología general: Marga o *shale* calcáreo.

Rasgos texturales: Matriz compuesta de arcilla y carbonato muy fino; varias venas delgadas de calcita cristalina gruesa; moteada, impregnaciones de hierro “color rojo”; algo de limo, principalmente cuarzo.

Porosidad: no visible.

MUESTRA No. 316 Unidad 8a

Litología general: Arenisca con cemento calcáreo.

Rasgos texturales: iguales a los de la muestra No. 315B.

Porosidad: 1-2% visible, probablemente no conectada.

Mineralogía, porcentaje por volumen:

Cuarzo monocristalino	35-40
-----------------------	-------

Feldespato plagioclasa	20-25
Carbonato, cemento esparítico	15-20
Fragmentos de rocas volcánicas	10-15
Anfíbol, verde o pardo verdoso	2-5
Cuarzo policristalino	1-2
Porosidad visible	1-2
Feldespato alcalino	1-2
Moscovita, biotita, esfena, orgánicos	Trazas

MUESTRA No. 320C Unidad 10

Litología general: Arenisca finamente laminada (planar).

Rasgos texturales: buen calibrado, 0,10 - 0,25 mm; capas de clásticos claros con abundante pumita intersticial gradando en capas llenas con desechos altamente alterados producto de la meteorización de ceniza volcánica; cerca de la mitad de los clásticos son pesados o fragmentos de rocas volcánicas.

Porosidad: Variable; arriba del 30% en láminas limpias y un porcentaje menor en zonas “sucias”; gran parte de la porosidad es inefectiva ya que ésta ocurre en fragmentos de pumita.

Mineralogía, porcentaje por volumen:

Cuarzo	25-30
Porosidad promedio	20-25
Anfíbol verde y pardo	10-15
Vidrio volcánico (pumita)	10-15
Arcilla, ceniza alterada	5-10
Fragmentos de rocas volcánicas	5-10
Biotita	5-10
Epidota, moscovita, rutilo, circón,	

turmalina

Trazas

MUESTRA No. 321B Unidad 10

Litología general: igual a la muestra No. 320C, laminación más delgada.

MUESTRA No. 323A Unidad 10

Litología general: Limolita limpia.

Rasgos texturales: buen calibrado, 0,03 - 0,08 mm; cerca de la tercera parte de máficos.

Porosidad: mayor al 30%, virtualmente toda primaria intergranular.

Mineralogía, porcentaje por volumen:

Cuarzo	25-30
porosidad visible	25-30
Biotita	10-15
Vidrio volcánico, pumita	10-15
Fragmentos de otras rocas volcánicas	5-10
Feldespato plagioclasa	5-10
Arcilla, detrítica o producto de alteración	2-5
Anfíbol verde	2-5
Óxidos de hierro	1-2
Esfena, rutilo, epidota, turmalina	Trazas

MUESTRA No. 341 Unidad 4b

Litología general: caliza de foraminíferos (Globigerinoides)

Rasgos texturales: más cristalina que la muestra No. 303; virtualmente no contiene limo o arcilla.

MUESTRA No. 344 Unidad 4a

Litología general: *shale* limoso.

Rasgos texturales: numerosos foraminíferos, con alta bioturbación y con óxidos de hierro.

MUESTRAS No. 347B Unidad 11a

Litología general: buen calibrado, 0,08 - 0,25 mm; moda 0,15; principalmente angular a subangular; dos zonas una de cemento de óxido de hierro, la otra de cemento calcáreo; probablemente óxidos finos de pirita o máficos de grano fino tales como biotita.

Porosidad: cero en zonas de cemento de carbonato; hasta el 10% en la zona de producción de óxidos de hierro.

Mineralogía, porcentaje por volumen:

Cuarzo	40-45
Feldespato plagioclasa	10-15
Fragmentos de rocas volcánicas	10-15
Anfíbol, principalmente verde	5-10
Porosidad promedio	5-10
Feldespato alcalino	2-5
Biotita	2-5
Óxidos de hierro	2-5
Arcilla, detrítica	2-5
Chert	1-2
Epidota, rutilo, esfera	Trazas

Litología general: lodolita calcárea limosa y limolita arcillosa calcárea (finamente laminadas).

Rasgos texturales: la laminación es causada por diferencia en la cantidad de óxidos de hierro presentes; los máficos no son abundantes como en muestras precedentes.

Mineralogía, porcentaje por volumen:

Cuarzo	45-50
Arcilla y lodo calcáreo, promedio	30-35
Feldespato plagioclasa	2-5
Biotita	1-2
Moscovita	1-2
Óxidos de hierro	1-2
Feldespato alcalino	1-2
Chert	1-2
Epidota	1-2

Porosidad: no visible.

MUESTRA No. 353 Unidad 2b

Litología general: caliza arenosa foraminífera-algácea (micrita).

Rasgos texturales: Arena entre 0,1 y 0,3 mm, micrita 0,03 a 0,04 mm; abundantes algas con menor porcentaje de foraminíferos; cuarzo predominante, algún feldespato, moscovita, biotita, volcánicos y cuarzo policristalino.

MUESTRA No. 357 Unidad 3

Litología general: limolita limpia/Arenisca muy fina.

Rasgos texturales: calibrado bueno a muy bueno; 0,05 - 0,20 mm; angular a subangular; cantidades subiguales de máficos alterados, feldespatos, y volcánicos meteorizados.

Porosidad: 25-30%, porosidad intergranular limpia.

Mineralogía, porcentajes por volumen:

Cuarzo	30-35
Porosidad	25-30

Fragmentos de rocas volcánicas, alterados	15-20
Feldespato plagioclasa	5-10
Feldespato alcalino	2-5
Arcilla	2-5
Biotita	2-5
Arcilla detrítica o producto de alteración	2-5
Anfíbol principalmente verde	1-2
Chert	1-2
Circón, piroxeno, moscovita, rutilo esfena, orgánicos carbonosos, óxido de hierro.	Trazas

MUESTRA No. 358 Unidad 9a

Litología general: arenisca limpia de grano muy fino.

Rasgos texturales: ligeramente más gruesa que la muestra 357, buen calibrado, 0,10 - 0,40 mm.

Porosidad: 30% visible, primaria intergranular.

Mineralogía, porcentaje por volumen: igual a muestra No. 357.

MUESTRA No. 360B Unidad 9d

Litología general: arenisca, escasamente laminada.

Rasgos texturales: buen calibrado, 0,15 - 0,50 mm; principalmente subangular; con contenido de grandes cantidades de fragmentos de rocas volcánicas alteradas, pero menos biotita y anfíbol.

Porosidad: 10-15%; principalmente secundaria por disolución de granos inestables (carbonatos o feldespatos) y caolinita proveniente de feldespato.

Mineralogía, porcentaje por volumen incluyendo porosidad:

Cuarzo	40-45	
Porosidad visible	10-15	
Calcita, reemplazo de feldespatos	10-15	
Feldespato plagioclasa	10-15	
Feldespato alcalino?	5-10	
Caolinita autógena	5-10	
Fragmentos de rocas volcánicas, muy alteradas	5-10	
Chert		1-2
Biotita		1-2
Apatito, moscovita, anfíbol.		Trazas

MUESTRA No. 367B Unidad 8b

Litología general: Arenisca con cemento calcáreo.

Rasgos texturales: buen calibrado; 0,06 - 0,30 mm; matriz compuesta de calcita esparita, arcilla y óxidos de hierro, algunos reemplazamientos de feldespato por calcita en el armazón.

Porosidad: no visible.

Mineralogía, porcentaje por volumen:

Cuarzo	40-45	
Volcánicos? o máficos?; muy alterados	15-20	
Calcita, cemento esparita	10-15	
Fragmentos de roca volcánica	10-15	

Feldespato plagioclasa, maclada, raramente zonada.	5-10
Arcilla detrítica o producto de alteración	2-5
Biotita	1-2
Anfíbol (verde), epidota, moscovita	Trazas

MUESTRA No. 370A Unidad 8b

Litología general: conglomerados con cemento calcáreo.

Rasgos texturales: calibrado muy pobre, limo hasta 10 mm; cemento esparita; clastos grandes incluidos tres fragmentos de rocas volcánicas, uno de chert, con reemplazamiento parcial a dolomita, dos fragmentos de cuarcita policristalina (venas o metamórfico), un material más fino principalmente proveniente de rocas volcánicas, cuarzo, plagioclasa, con pequeñas cantidades de feldespatos alcalinos, biotita y arcilla.

MUESTRA No. 370C Unidad 8b

Litología general: Arenisca (litoarenita).

Rasgos texturales: buen calibrado, 0-15 - 0,80 mm; principalmente subangulares; probablemente sobre 2/3 fragmentos de roca volcánica, y plagioclasa; cuarzo diseminado (alguno policristalino) y feldespatos alcalinos; trazas de limolita y "graníticos".

Porosidad: 10-15%, principalmente de disolución de granos? - feldespatos y anfíbol; intergranular limpia?.

Mineralogía, porcentaje por volumen:

Fragmentos de roca volcánica	40-45
Cuarzo	15-20
Feldespatos plagioclasa, maclada y zonada	15-20
Porosidad visible	10-15
Arcilla	5-10
Biotita, usualmente alterada	1-2

Fragmentos de limolita, anfíbol, epidota, apatito,

fragmentos de rocas plutónicas.

Trazas

Posible proveniencia: fuente mayor volcánica, pequeño suministro de origen cristalino.

MUESTRA No. 370D Unidad 8c

Litología general: caliza limosa o *shale* calcáreo.

Rasgos texturales: principalmente arcilla y carbonato con cuarzo tamaño limo, feldespato, pequeñas cantidades de anfíbol verde, y cantidades traza de moscovita, circón y biotita; reemplazamiento extensivo de feldespato y aparentes briznas de vidrio volcánico reemplazadas por calcita; numerosos “grumos” de óxidos de hierro (provenientes de materia orgánica?).

Porosidad: no visible.

MUESTRA No. 374 Unidad 8a

Litología general: *shale* muy limoso.

Rasgos texturales: esencialmente limo 0,02 – 0,05; matriz principalmente arcilla illítica con algo de carbonato fino y óxidos de hierro; aparente bioturbación; clásticos grandes principalmente cuarzo, fragmentos de roca volcánica, plagioclasa, con menor cantidad de feldespato alcalino, biotita, moscovita, anfíbol verde (cloritizado), y trazas de apatito, turmalina, piroxenos?, tremolita?, esfena, circón epidota/clinozoicita (colores de interferencia azul “Prusia”).

Porosidad: no visible.

MUESTRA No. 375A Unidad 8a

Litología general: Arenisca (litoarenita).

Rasgos texturales: bien calibradas, 0,06 - 0,20 mm. Principalmente angular a subangular; cercanamente la mitad de cuarzo/feldespato y la otra mitad máficos/volcánicos; común epidota/clinozoisita (mostrando colores anómalos de interferencia).

Porosidad: 20-25%, generalmente intergranular pura.

Mineralogía, porcentaje por volumen, incluyendo porosidad:

Cuarzo	40-45
Porosidad, visible	20-25
Fragmentos de roca volcánica, frescos	15-20
Fragmentos de roca volcánica, alterados	10-15
Feldespato plagioclasa	5-10
Arcilla detrítica y producto de alteración	5-10
Feldespato alcalino	2-5
Epidota/clinozoisita	2-5
Anfíbol verde y pardo	2-5
Chert	1-2
Calcedonia, fragmentos de roca cuarzo- epidota, moscovita, pennina, biotita, granate, rutilo, esfena.	Trazas.

Posible proveniencia: numerosos fragmentos de rocas volcánicas intermedias a básicas (probablemente tobas cristalinas soldadas), pero, adición, un posible origen a partir de grado esquistos verde es indicado por la asociación de epidota-moscovita-biotita-clorita.

MUESTRA No. 375B Unidad 8a

Litología general: Limolita laminada y *shale* limoso.

Rasgos texturales: generalmente 0,05 - 0,10 mm. en limolita laminada, cemento calcáreo ; fragmentos finos de óxidos de hierro (limonita) material orgánico probablemente alterado o biotitas muy alteradas; moteado común con parches de óxidos de hierro (Raíces) sugiere segregación por cristalización de cemento calcáreo, el cual indica oxidación anterior a la cementación.

Porosidad: no visible.

Mineralogía: en su mayor parte cuarzo, con pequeñas cantidades de plagioclasa, feldespato potásico, moscovita, biotita, máficos alterados y óxidos de hierro (hematita y

limonita); orgánicos (carbonosos) diseminados; trazas de: chert, epidota, anfíbol verde, circón y esfena.

MUESTRA No. 377 Unidad 7b

Litología general: Arenisca (Litoarenita).

Rasgos texturales: bien calibrada, 0,1 - 0,5 mm; esencialmente angular a subangular;? de arcilla (puede ser ceniza alterada o calcita); la arena es principalmente fragmentos de roca volcánica (básica/intermedia) alterada a clorita? ceolitas y calcita; raro tipo vesicular; menor cuarzo y plagioclasa; fragmentos de esquistos micáceos diseminados; rara biotita y cuarzo policristalino (venamiento?); foraminífero completo simple.

Porosidad: 1-2%; secundaria, probablemente debida a la disolución de calcita la cual es reemplazada muchas veces por feldespatos.

MUESTRA No. 378 Unidad 3

Litología general: Arenisca de cuarzo con cemento calcáreo.

Rasgos texturales: buen calibrado; 0,1 - 0,4 mm; granos de cuarzo subangulares; bajo en volcánicos; raros foraminíferos.

Porosidad: 1-2%, secundaria, probablemente inefectiva.

Mineralogía, porcentaje por volumen:

Cuarzo	70-75
Calcita, cemento esparítico	15-20
Fragmentos de roca volcánica	2-5
Feldespatos plagioclasa	2-5
Feldespatos alcalinos	1-2
Arcilla, producto de alteración	1-2
Porosidad visible	1-2
Moscovita, fósiles, óxidos de hierro	Trazas

MUESTRA No. 379B Unidad 1

Litología general: Chert, rico en radiolarios.

Rasgos texturales: recristalización, “fantasmas” de fósiles.

MUESTRA No. 381 Unidad 10

Litología general: Arenisca (litoarenita)

Rasgos texturales: pobre calibrado, 0,1 - 2,0 mm; compuesta principalmente de fragmentos de roca volcánica básica (andesita/basalto); fenocristales de plagioclasa y clinopiroxeno en una matriz de feldespato y vidrio; mucha alteración de clinopiroxenos a calcita, clorita, serpentina? y epidota fina; otros tipos de rocas volcánicas también están presentes, incluyendo diversos granos con posibles granos de olivino totalmente alterados; foraminíferos planctónicos rotos y enteros diseminados, indicando ambiente marino, posiblemente depositados en aguas profundas.

Mineralogía, porcentaje por volumen:

Feldespato plagioclasa	25-30
Clinopiroxeno	25-30
Arcilla, matriz	15-20
Cuarzo	10-15
Fragmentos de roca volcánica	5-10
Calcita, producto de alteración	2-5
Foraminíferos, epidota, óxidos de hierro	Trazas

Posible proveniencia: principalmente erosión de flujos o diques/silos de basalto.

MUESTRA No. 383B Unidad 12

Litología general: Arenisca.

Rasgos texturales: pobre a regular calibrado; 0,03 - 0,30 mm; subangular a subredondeada; numerosos clastos de *shale* tamaño arena.

Porosidad: 10-15 % visible; abundante arcilla intersticial; algo de disolución de la porosidad.

Mineralogía, porcentaje por volumen, incluyendo porosidad:

Cuarzo, monocristalino	40-45
Fragmentos de rocas volcánicas, tobas?	15-20
Fragmentos de rocas volcánicas, básicas, máficos alterados	10-15
Arcilla, excluyendo clastos	5-10
Clastos de <i>shale</i> , tamaño arena, oscuros	5-10
Feldespato, plagioclasa	2-5
Cuarzo policristalino (venas, metamórficas)	1-2
Chert	1-2
Fragmentos de esquistos micáceo	1-2
Moscovita	1-2
Epidota,?	Trazas

MUESTRAS No. 386A, 386B Unidad 13

Litología general: Arenisca conglomerática, cemento calcáreo.

Rasgos texturales: pobre calibrado, limo hasta 10 mm; numerosos clastos de lodolitas (limo) foraminíferas y caliza fina.

Porosidad: no visible.

Mineralogía, porcentaje por volumen:

Cuarzo monocristalino	45-50
Fragmentos de roca volcánica, tobas?	15-20
Arcilla, principalmente como clastos de	

<i>shale</i>	15-20
Fragmentos de caliza	5-10
Chert	2-5
Cuarzo policristalino	2-5
Feldespatio plagioclasa	1-2
Epidota, piritita, esfena, biotita, anfíbol pardo, moscovita, esquisto micáceo, calcedonia.	Trazas

MUESTRA No. 387A Unidad 5b

Litología general: 2/3 arenisca; 1/3 de conglomerado.

Rasgos texturales: (Areniscas) buen a regular calibrado; 0,1 - 0,8 mm; subangular; espacio intergranular ocupado por arcillas o material volcánico alterado; varias capas delgadas compuestas predominantemente de pequeños clastos de lodo (calcáreo) tamaño arena.

Porosidad: no visible.

Mineralogía, porcentaje por volumen:

Cuarzo monocristalino	55-60
Fragmentos de roca volcánica, tobas?	20-25
Arcilla intersticial	10-15
Cuarzo policristalino	2-5
Clastos de lodo	1-2
Feldespatio plagioclasa	1-2
Moscovita	1-2
Epidota, apatito, piroxeno, anfíbol, biotita	Trazas

MUESTRA No. 387B Unidad 5b

Litología general: Arenisca con cemento calcáreo.

Rasgos texturales: regular a buen calibrado, 0,2 - 0,5 mm; principalmente subangular; cemento calcita esparita.

Porosidad: no visible.

Mineralogía, porcentaje por volumen:

Cuarzo	55-60
Calcita	15-20
Fragmentos de roca volcánica, tobas?	5-10
Feldespato plagioclasa	5-10
Chert	2-5
Feldespato alcalino	1-2
Arcilla detrítica	1-2
Ceolitas, producto de alteración	1-2
Moscovita	1-2
Anfíbol verde	1-2
Epidota, biotita, piroxeno, circón	Trazas

MUESTRA No. 388C Unidad 5a

Litología general: Arenisca; oxidada.

Rasgos Texturales: buena selección, 0,15 - 0,50 mm; principalmente subangular; escasa laminación planar; láminas y material intersticial compuesta por arcilla oxidada, orgánicos y por último calcita esparítica.

Porosidad: 1-2 % visible, aislada.

Mineralogía, porcentaje por volumen, incluyendo porosidad:

Cuarzo 60-65

Fragmentos de roca volcánica, fresca o

alterada a ceolitas.	5-10	
Calcita cemento esparita	5-10	
Arcilla intersticial	5-10	
Orgánicos, grano fino	2-5	
Feldespató alcalino	2-5	
Porosidad visible	1-2	
Feldespató plagioclasa	1-2	
Chert		1-2
“Glauconita”, alterada a volcánicos	1-2	
Moscovita	1-2	
Biotita		1-2
Fragmentos de esquistos, epidota, anfíbol		
verde, rutilo.		Trazas

Posible proveniencia: el mayor suministro puede ser metamórfico - esquistos o cuarcita. Sin embargo, hay un importante componente volcánico.

MUESTRA No. 389 Unidad 13

Litología general: Arenisca con cemento calcáreo.

Rasgos texturales: regular calibrado; principalmente 0,05 - 0,40 mm raro 0,80; abundantes clastos tamaño arena de máficos muy meteorizados, probablemente biotita o volcánicos; biotita y moscovita frecuentemente interestratificada (esquistos?); cantidades traza de probable granito biotítico.

Porosidad: no visible.

Mineralogía, porcentaje por volumen:

Cuarzo monocristalino	50-55
“Máficos” muy alterados	15-20

Carbonato, cemento esparita	10-15	
Feldespato plagioclasa	2-5	
Cuarzo policristalino	2-5	
Oxido férrico, hematita y limonita	2-5	
Fragmentos de tobas?	1-2	
Feldespato alcalino	1-2	
Arcilla		1-2
Fragmentos de roca volcánica, (intermedia)	1-2	
Epidota, foraminíferos, apatito, Chert,		
biotita, moscovita, fragmentos de rocas	Trazas	

MUESTRA No. 390A Unidad 12

Litología general: Arenisca con cemento calcáreo.

Rasgos texturales: buen calibrado, 0,05 - 0,20 mm; principalmente subangular; abundantes clastos de tamaño arena muy alterados de origen desconocido, algunos parecen provenir de *shales* limosos, partículas volcánicas, o fragmentos de mica.

Porosidad: 1-2% visible, aislado.

Mineralogía, porcentaje por volumen:

Cuarzo	50-55	
Calcita, cemento esparítico	20-25	
Clastos tamaño arena	15-20	
Feldespato plagioclasa	2-5	
Arcilla detrítica	2-5	
Moscovita, biotita, feldespato alcalino,		
chert, circón.	Trazas	

MUESTRA No. 390B Unidad 12

Litología general: Arenisca con cemento calcáreo.

Rasgos texturales: bien calibrada; 0,04 - 0,20 mm; principalmente subangular, moldes de conchas grandes ahora rellenas por grandes cristales de esparita y euhedrales de analcima.

Porosidad: no visible.

Mineralogía, porcentaje por volumen: igual a la muestra 390A excepto por los moldes rellenos de analcima.

MUESTRA No. 391 Unidad 2b

Litología general: Caliza de foraminíferos (Lodolita)

Rasgos texturales: abundantes foraminíferos planctónicos en una matriz de lodo muy fino.

MUESTRA No. 392 Unidad 1

Litología general: Chert compuesto por radiolarios (Radiolarita).

MUESTRA No. 393 Unidad 3

Litología general: Arenisca fosilífera, con cemento calcáreo.

Rasgos texturales: pobre calibrado; 0,05 - 0,50 mm; angular a subangular, 1/3 corresponden a venas de calcita de grano grueso; presenta foraminíferos y algas diseminadas.

Porosidad: Trazas del tipo de disolución.

Mineralogía, porcentaje por volumen:

Cuarzo	65-70
Calcita	10-15
Arcilla detrítica, excluyendo clastos	2-5

Clastos, principalmente arcillas/lodolitas, un poco de lodolitas calcáreas.	2-5
Feldespato alcalino	2-5
Glaucionita	1-2
Fósiles	1-2
Feldespato plagioclasa	1-2
Biotita	1-2
Moscovita	1-2
Fragmentos de roca volcánica, chert, epidota.	Trazas

Posible proveniencia: basamento cristalino (probablemente granítico) con algunas fuentes locales de lutitas.

MUESTRA No. 394C Unidad 2a

Litología general: Micrita foraminífera-algacéa.

Rasgos texturales: abundantes algas y foraminíferos, matriz micrítica; 2-5% de clástico cuarzolimoso con trazas de moscovita y feldespato.

MUESTRA No. 395 Unidad 3

Litología general: Arenisca de cuarzo.

Rasgos texturales: muy pobre calibrado; limo hasta 5 mm; casi completamente cuarzo; granos grandes que tienden a ser policristalinos (venas o metacuarcitas); diversos granos que incluyen escamas de mica en disposición paralela (foliación).

Porosidad: variable: considerable cantidad de arcilla detrítica (impregnaciones de hierro) ; localmente primaria intergranular arriba del 15-20%.

Mineralogía, porcentaje por volumen, incluyendo porosidad:

Cuarzo	monocristalino	50-55
--------	----------------	-------

Cuarzo plocristalino	20-25
Porosidad visible promedio	10-15
Arcilla detrítica	10-15
Feldespató plagioclasa	1-2
Moscovita	1-2
Biotita, fragmentos de limolita	Trazas

Posible proveniencia: probablemente metacuarcitas.

MUESTRA No. 396D

Unidad 7a

Litología general: arenisca.

Rasgos texturales: pobre calibrado; 0,06 - 0,60 mm; principalmente subangular a subredondeado; cantidades modestas de partículas finas de biotita alterada; diversos granos de “granitos”.

Porosidad: variable, por encima del 15%, primaria intergranular.

Mineralogía, porcentaje por volumen, incluyendo porosidad:

Cuarzo monocristalino	45-50
Cuarzo policristalino	15-20
Arcilla detrítica	5-10
Porosidad promedio	5-10
Fragmentos de roca volcánica, tobas alteradas	5-10
Máficos alterados	2-5
Feldespató plagioclasa	2-5
Feldespató alcalino, frecuentemente sericitizado	2-5
Chert	1-2
Biotita, probablemente fragmentos de esquistos	1-2

Epidota, fragmentos de roca “granítica”, rutilo,
granate, fragmentos de limolita, esfena, anfíbol
verde/pardo, moscovita.

Trazas

Posible proveniencia: principalmente metamórfica con algún suministro plutónico.

MUESTRA No. 397B

Unidad 2b

Litología general: caliza micrítica arenosa.

Rasgos texturales: calibrado muy pobre, clastos de lodo calcáreo hasta 2-3 mm; en parte, matriz-soportada; matriz de micrita; numerosos fragmentos de conchas (equinodermos, gasterópodos, moluscos), foraminíferos planctónicos completos.

Porosidad: no visible.

Mineralogía, porcentaje por volumen:

Calcita, micrita	40-45
Arcilla, clastos de lodo	20-25
Cuarzo	15-20
Chert	2-5
Partícula orgánica, generalmente oxidada	2-5
Fósiles	2-5
Biotita	1-2
Feldespató alcalino	1-2
Feldespató plagioclasa	1-2
Moscovita	1-2
Fragmentos de limolita, circón	Trazas

MUESTRAS No. 397C

Unidad 11c

Litología general: Arenisca, con laminación planar.

Rasgos texturales: muy pobre calibrado; fosilífera (principalmente foraminíferos planctónicos); numerosos clastos de lodo limosos aproximadamente 3 mm.

Porosidad: no visible, espacio intersticial ocupado por arcilla o carbonato.

Mineralogía, porcentaje por volumen:

Cuarzo	65-70
Calcita, micrita	10-15
Arcilla detrítica	5-10
Feldespato plagioclasa	2-5
Chert	2-5
Biotita	1-2
Moscovita	1-2
Feldespato alcalino	1-2
Epidota, circón, anfíbol verde, fragmentos de roca volcánica.	Trazas

MUESTRA No. 397D

Unidad 2b

Litología general: caliza con “clastos” grandes de lodo.

Rasgos texturales: matriz de carbonato fino (0,02 - 0,05 mm) con limo diseminado y “clastos” grandes de lodo limoso (madrigueras y clastos intraformacionales).

MUESTRA No. 397E

Unidad 2a

Litología general: limolita con cemento calcáreo.

Rasgos texturales: buen calibrado, 0,02 - 0,10 mm; cemento calcáreo esparítico; laminación planar débilmente definida debido a la concentración local aparentemente de orgánicos y pirita; calcita cristalina gruesa incompleta (venas?) de acuerdo con el fin de la sección delgada.

Porosidad: no visible.

Mineralogía, porcentaje por volumen:

Cuarzo	85-90
Arcilla diseminada	2-5
Feldespato	2-5
Orgánicos, pirita, frecuentemente oxidado	2-5
Moscovita	1-2
Biotita	1-2
Feldespato alcalino, chert, epidota, circón, esfena, anfíbol verde/pardo	Trazas

MUESTRA No. 398A

Unidad 9d

Litología general: arenisca fosilífera.

Rasgos texturales: muy pobre calibrado; principalmente angular a subangular, excluyendo fragmentos de fósiles 0,05 - 2,5 mm; fragmentos de conchas y plantas hasta 15 mm; los fósiles incluyen: moluscos, foraminíferos planctónicos, gasterópodos, fragmentos de plantas y briozoos?; matriz de lodo calcáreo fino y arcilla.

Porosidad: no visible.

Mineralogía, porcentaje por volumen:

Cuarzo	45-50
Calcita, cemento	35-40
Arcilla detrítica	5-10
Feldespato plagioclasa	2-5
Chert	2-5
Anfíbol (fresco) verde/pardo	1-2

Piroxeno?, epidota (fresca),

feldespato alcalino.

Trazas

MUESTRA No. 398B

Unidad 11c

Litología general: arenisca

Rasgos texturales: pobre calibrado; limo hasta 0,8 mm; fragmentos de roca volcánica frecuentemente con fenocristales de plagioclasa y máficos (probablemente hornblenda) alterados a biotita y óxidos de hierro.

Porosidad: 5-10%, cantidades subiguales de porosidad primaria intergranular y secundaria por disolución de granos inestables.

Mineralogía, porcentaje por volumen, incluyendo porosidad:

Cuarzo 50-55

Feldespato plagioclasa 15-20

Fragmento de roca volcánica 10-15

Porosidad visible 5-10

Arcilla, teñida de óxidos de hierro 5-10

Chert 1-2

Biotita 1-2

Anfíbol verde/pardo 1-2

Moscovita, limolita y fragmentos

de esquisto, epidota, circón,

feldespato alcalino.

Trazas

Posible proveniencia: fuente principal volcánica; pero fragmentos de cuarzolimolita y esquistos están presentes.

MUESTRA No. 400D

Unidad 11b

Litología general: lodolita calcárea gradando a limolita calcárea, además a caliza cristalina con clastos de lodolitas a la base.

Rasgos texturales: limolita/arenisca de grano muy fino, 0,03 - 0,10 mm; principalmente cuarzo con 1-2 % de plagioclasa, anfíbol verde/pardo diseminado, trazas de circón y epidota; a menudo partículas orgánicas con pirita.

Porosidad: no visible.

MUESTRA No. 401C

Unidad 11c

Litología general: arenisca con cemento calcáreo.

Rasgos texturales: pobre calibrado, limo cercano a 5 mm, granos grandes generalmente redondeados, los clastos son predominantemente de cuarzo (cuarcita), mono y policristalinos, también unos pocos clastos de *shale* limoso, chert, fragmentos de roca volcánica, y fósiles (principalmente moluscos).

Porosidad: no visible debido al cemento esparítico.

MUESTRA No. 422A

Unidad 3

Litología general: arenisca conglomerática.

Rasgos generales: muy pobre calibrado, limo hasta 3 mm; principalmente subredondeados en tamaño arena; arcilla intersticial y óxidos de hierro (hematita + limonita) probablemente escamas de biotita muy alteradas.

Porosidad: variable, localmente limpia hasta 10-15%; otras zonas ocluidas por material oxidado.

Mineralogía, porcentaje por volumen, incluyendo porosidad:

Cuarzo monocristalino	50-55
Cuarzo policristalino	15-20
Porosidad visible	10-15
Arcilla y óxido férrico	2-5
Biotita alterada	2-5
Chert 1-2, moscovita, feldespato (todo)	Trazas

Posible proveniencia: la baja concentración de feldespato y la gran cantidad de cuarzo policristalino sugiere cuarcita metamórfica como origen.

MUESTRA No. 422B **Unidad 2a**

Litología general: caliza de grano fino.

Rasgos texturales: comúnmente foraminíferos planctónicos y limo de composición silíceo.

MUESTRAS Nos. 423, 424 **Unidad 4b**

Litología general: caliza, la 424 es más gruesa con un grano cercano a 10 mm.

Porosidad: 10-15% visible.

Mineralogía, porcentaje por volumen, incluyendo porosidad:

Cuarzo	monocristalino	60-65
Cuarzo	policristalino	15-20
Porosidad		10-15
Biotita	intensamente alterada	2-5
Arcilla y óxido de hierro		2-5
Feldespato (todo), chert, moscovita, turmalina.		Trazas

MUESTRA No. 425 **Unidad 3**

Litología general: arenisca de cuarzo.

Rasgos texturales: similar a las muestras No. 423, 424, excepto por que tiene granos más grandes y limo abundante, poco óxido o arcilla.

Porosidad: 5-10% visible.

MUESTRA No. 426A **Unidad 3**

Litología general: arenisca con cemento calcáreo.

Rasgos texturales: similar a la muestra No. 425; diversos fragmentos de fósiles aparentemente recristalizados?; escasos clastos de lutitas tamaño arena, cemento de esparita.

Porosidad: cero visible.

Mineralogía, porcentaje por volumen:

Cuarzo monocristalino	50-55
Cuarzo policristalino	25-30
Carbonato, cemento	10-15
Arcilla, incluyendo clastos de lutitas	5-10
Feldespato plagioclasa	1-2
Oxido de hierro, principalmente limonita	1-2
Fragmentos de limolita, pertita, apatito,?, foraminíferos, biotita.	Trazas

Posible proveniencia: probablemente cercano a metamórfico.

MUESTRA No. 426B Unidad 3

Litología general: igual a la muestra No. 422.

Porosidad: 5-10% visible.

MUESTRA No. 426C Unidad 3

Litología general: arenisca conglomerática.

Rasgos texturales: muy pobre calibrado; limo hasta 8 mm

Porosidad: 5-10 % visible.

Mineralogía, porcentaje por volumen, incluyendo porosidad:

Cuarzo policristalino	50-55
-----------------------	-------

Cuarzo monocristalino	30-35
Porosidad visible	5-10
Arcilla y óxidos de hierro	5-10
Feldespato (todos)	Trazas

MUESTRA No. 431A

Unidad 3

Litología general: arenisca/limolita ferruginosa.

Rasgos texturales: buen calibrado; 0,03 - 0,10 mm; diversos porcentajes de material máfico o fragmentos de roca volcánica.

Porosidad: cero visible.

Mineralogía, porcentaje por volumen:

Cuarzo	45-50
Moscovita	10-15
Biotita, muy alterada	5-10
Arcilla, principalmente producto de alteración.	5-10
Feldespato plagioclasa	5-10
Feldespato alcalina	5-10
Calcita, cemento diseminado	2-5
Óxidos de hierro (férrico)	2-5
Máficos o fragmentos de roca volcánica (cloritizados)	1-2
Foraminíferos (planctónicos), chert	Trazas

MUESTRA No. 431C

Unidad 3

Litología general: arenisca conglomerática oxidada.

Rasgos texturales: pobre calibrado, limo hasta 2 mm; chert abundante; granos grandes generalmente redondeados con material fino subangular a subredondeado.

Porosidad: 2-5%

Mineralogía, porcentaje por volumen:

Cuarzo monocristalino	35-40
Cuarzo policristalino	20-25
Chert	15-20
Óxidos de hierro, principalmente hematita	5-10
Arcillas, principalmente producto de alteración	5-10
Feldespatos plagioclasa	2-5
Porosidad visible	2-5
Feldespatos alcalinos	1-2
Fragmentos de roca volcánica	1-2
Fragmentos de roca tipo exolución (granófiro, mirmequita)	Trazas

Posible proveniencia: fuente mayor chert, metacuarcita y algún aporte granítico y volcánico.

MUESTRA No. 432a

Unidad 3

Litología general: cuarzoarenita.

Rasgos texturales: regular calibrado; principalmente 0,4 - 1,2 mm; subangular a subredondeado; clastos de lutitas y máficos oxidados, probablemente biotita.

Porosidad: 20-25%, generalmente limpia; buen reservorio potencial.

Mineralogía, porcentaje por volumen, incluyendo porosidad:

Cuarzo monocristalino	50-55
-----------------------	-------

Cuarzo policristalino	20-25
Porosidad visible	20-25
Arcilla, producto de alteración	1-2
Clastos de lutitas	1-2
Óxidos de hierro (férrico)	1-2
Máficos cloritizados o fragmentos de roca volcánica	1-2
Moscovita, biotita, feldespato (todo)	Trazas

Posible proveniencia: probablemente metacuarcita similar a las muestras 422-426.

MUESTRA No. 432B

Unidad 3

Litología general: cuarzoarenita laminada.

Rasgos texturales: más fina que la muestra 432A; regular calibrado; subangular a subredondeado; láminas finas de 3-5 mm con arcilla intersticial negra/óxidos de hierro (hematita); algún revestimiento arcilloso; fragmentos “carbonosos”; considerablemente menos cuarzo policristalino.

Porosidad: 20-25%, intergranular limpia.

Mineralogía, porcentaje por volumen, incluyendo porosidad:

Cuarzo monocristalino	50-55
Porosidad visible	20-25
Arcilla y óxido férrico	5-10
Cuarzo policristalino	2-5
Feldespato plagioclasa	2-5
Feldespato alcalino	2-5
Moscovita, escamas frescas	2-5
Biotita, generalmente alterada	1-2

Fragmentos de roca granítica, moscovita	
esquisto	1-2
Máficos alterados	1-2
Chert, turmalina, epidota, circón,	
fragmentos de roca volcánica	Trazas

Posible proveniencia: cuarcita metamórfica con importante suministro granítico o néisico.

MUESTRA No. 432C **Unidad 3**

Litología general: cuarzoarenita

Rasgos generales: igual mineralogía a la muestra No. 432B, no presenta laminación; presenta calibrado, sin embargo, este es pobre debido al tamaño de grano cercano a 1,5mm.

Porosidad: 20-25%, intergranular limpia.

MUESTRA No. 432D **Unidad 3**

Litología general: cuarzoarenita conglomerática.

Rasgos texturales: muy pobre calibrado; limo hasta 5 mm.

Porosidad: 10-15% visible.

Mineralogía, porcentaje por volumen, incluyendo porosidad:

Cuarzo monocristalino	60-65
Carbonato cemento	10-15
Cuarzo policristalino	2-5
Óxidos de hierro (férico)	2-5
Feldespato plagioclasa	1-2
Moscovita	1-2
Máficos, (cloritizados), probablemente	

biotita	1-2
Arcilla producto de alteración	1-2
Chert, biotita	Trazas

MUESTRA No. 436A

Unidad 3

Litología general: cuarzoarenita con cemento de carbonato.

Rasgos texturales: calibrado regular a bueno; tamaño de grano 0,1 - 0,4 mm, cemento esparítico, foraminíferos comunes, algas raras.

Porosidad: no visible.

Mineralogía porcentaje por volumen, incluyendo porosidad:

Cuarzo monocristalino	75-80
Carbonato cemento	10-15
Cuarzo policristalino	2-5
Óxidos de hierro (férrico)	2-5
Feldespato plagioclasa	1-2
Moscovita	1-2
Máficos, (cloritizados) probablemente	
biotita	1-2
Arcilla producto de alteración, feldespato k	1-2
Chert, biotita	Trazas

MUESTRA No. 437 Unidad 3

Litología general: ver descripción de la muestra No. 426B.

MUESTRA No. 439B Unidad 3

Litología general: arenisca con cemento calcáreo.

Rasgos texturales: pobre calibrado; 0,1 - 1,5 mm.

Mineralogía, porcentaje por volumen:

Cuarzo monocristalino	50-55
Chert	15-20
Cuarzo policristalino	10-15
Cemento calcáreo	10-15
<i>Shales</i> o clastos de lodo	2-5
Porosidad	1-2
Fragmentos de roca volcánica	1-2
Feldespato (todos)	Trazas

MUESTRA No. 441B Unidad 7c

Litología general: Arenisca lítica

Rasgos texturales: buen calibrado; principalmente 0,05 - 0,25 mm; abundantes clastos no identificados, pueden ser tobas alteradas, *shales* caoliníticos, feldespato o volcánicos de grano fino intensamente meteorizados; similar a las muestras 469-473.

Porosidad: 15-20%, intergranular limpia.

Mineralogía, porcentaje por volumen, incluyendo porosidad:

Cuarzo	40-45
Clastos, ver arriba	20-15

Porosidad visible	15-20
Biotita alterada	5-10
Feldespato plagioclasa	2-5
Chert	2-5
Feldespato alcalino	1-2
Máficos muy alterados	1-2
Moscovita	1-2
Epidota, graníticos, fragmentos de roca volcánica.	Trazas

MUESTRA No. 442 Unidad 4a

Litología general: *Shale* calcáreo o caliza arcillosa (marga).

Rasgos texturales: Matriz de grano muy fino; limo principalmente de cuarzo, menor cantidad de feldespato y moscovita; algo de orgánicos oxidados y foraminíferos planctónicos; diversas venas de calcita fina.

Porosidad: no visible.

MUESTRA No. 444E

Litología general: *Shale* de origen volcánico.

Rasgos texturales: matriz fina consistente de material con sutil birrefringencia baja a media de origen desconocido (ceniza volcánica alterada); diversos clastos de *shale* limoso y máficos cloritizados; comúnmente cuarzo, feldespato, moscovita y biotita.

Porosidad: cero visible.

MUESTRA No. 444F Unidad 1

Litología general: chert con alto contenido de radiolarios (Radiolarita).

MUESTRA No. 445B**Unidad 3**

Litología general: arenisca con cemento calcáreo.

Rasgos texturales: regular a buen calibrado en arena de tamaño fino, principalmente 0,05 - 0,30 mm; abundantes clastos grandes de lodo/*shale* aproximadamente de 0,7 mm; comúnmente foraminíferos planctónicos completos y fracturados.

Porosidad: no visible.

Posible proveniencia: probablemente de origen granítico y metamórfico.

Mineralogía, porcentaje por volumen:

Cuarzo monocristalino	45-50
Clastos de <i>shale</i>	20-25
Cuarzo policristalino	5-10
Biotita, esencialmente alterada a hematita y arcilla	5-10
Arcilla, excluyendo clastos	2-5
Moscovita	2-5
Chert	1-2
Clastos de lodo y limo calcáreo	1-2
Máficos alterados? fragmentos de roca volcánica?	1-2
Fragmentos de roca volcánica, feldespato (todos)	Trazas

MUESTRA No. 446a**Unidad 3**

Litología general: arenisca con cemento calcáreo.

Rasgos texturales: regular a buen calibrado; principalmente 0,1 - 0,8 mm. con clastos largos (arriba de 1 mm) apiñados de *shale* limoso; cemento calcáreo “sucio” y puede ser en

gran parte clastos de lodo calcáreo; el carbonato está lleno con hematita granular pequeña; “fantasma” de aparentes placas de equinodermos con sobrecrecimiento geopetal; un fragmento largo de un probable resto de madera.

Porosidad: trazas.

Mineralogía, porcentaje por volumen:

Cuarzo monocristalino	50-55
Cemento calcáreo	10-15
“fantasmas” de fragmentos fósiles	5-10
Clastos de lodo calcáreo	5-10
Clastos de lodo/ <i>shale</i>	5-10
Arcilla, matriz	5-10
Fragmentos de foraminíferos y conchas	1-2
Porosidad, feldespatos (todos)	Trazas

MUESTRA No. 446B

Unidad 3

Litología general: arenisca

Rasgos texturales: muy pobre calibrado, limo hasta mm; angular a subangular; abundantes limo y arcilla.

Porosidad: 20-25%; generalmente limpia, pero limosa y localmente rica en arcilla.

Mineralogía, porcentaje por volumen, incluyendo porosidad:

Cuarzo monocristalino	60-65
Porosidad visible	20-25
Cuarzo policristalino	2-5
Feldespato plagioclasa	2-5
Arcilla detrítica	2-5
Óxidos de hierro (férrico)	2-5

Moscovita	1-2
Pirita granular diseminada	1-2
Biotita, circón, turmalina, chert, feldespatos potásico, ilmenita/magnetita.	Trazas

Posible proveniencia: probablemente granítica para la mayor parte.

MUESTRA No. 447B Unidad 11b

Litología general: *Shale*, muy limoso gradado a arena arcillosa con abundantes clastos grandes de lutitas.

MUESTRA No. 448

Litología general: Arenisca.

Rasgos texturales: el calibrado de la arena es regular, principalmente 0,1 - 0,4 mm ; contiene diversas capas delgadas de lodolita limosa fosilífera, redondeada, en la matriz se encuentran fósiles de foraminíferos planctónicos y fragmentos de equinodermos ; de otra manera es similar a la muestra No. 446A.

MUESTRA No. 449D Unidad 6

Litología general: Arenisca.

Rasgos texturales: regular a buen calibrado; esencialmente 0,1 - 0,4 mm; subangular a subredondeado.

Porosidad: 25 - 30%; es el mejor reservorio de las muestras examinadas.

Mineralogía, porcentaje por volumen, incluyendo porosidad:

Cuarzo monocristalino	50-55
Porosidad visible	25-30
Arcilla detrítica	2-5
Óxidos de hierro (férico)	2-5

Biotita alterada a óxidos	2-5
Moscovita	1-2
Máficos alterados?	1-2
Clastos de grano fino, máficos alterados, lodo caolinítico?, Volcánicos.	1-2
Feldespato (todos, chert, anfíbol pardo)	Trazas

MUESTRA No. 449E Unidad 6

Litología general: Arenisca.

Rasgos texturales: pobre calibrado; 0,1 - 1,2 mm; angular a subredondeado.

Porosidad: 15-20% debido al pobre calibrado; algo de óxido férrico localizado ocluye poros.

Mineralogía, porcentaje por volumen, incluyendo porosidad:

Cuarzo monocristalino	55-60
Porosidad visible	15-20
Óxidos de hierro (férrico)	5-10
Cuarzo policristalino	5-10
Feldespato plagioclasa	2-5
Arcilla, esencialmente producto de alteración	2-5
Chert	1-2
Biotita, esencialmente alterada	1-2
Feldespato K, moscovita, anfíbol pardo	Trazas

MUESTRA No. 449F Unidad 6

Litología general: Arenisca.

Rasgos texturales: regular calibrado; principalmente 0,1 - 0,8 mm; abundantes clastos pequeños de *shale*/lodo y biotita/máficos oxidados a hematita.

Porosidad: 10 - 15%; variable debido a óxidos de hierro locales.

Mineralogía, porcentaje por volumen, incluyendo porosidad:

Cuarzo monocristalino	55-60
Porosidad	10-15
Óxidos de hierro (férico)	10-15
Cuarzo policristalino	5-10
Feldespato plagioclasa	2-5
Arcilla producto de alteración	2-5
Moscovita	1-2
Feldespato alcalino	1-2
Chert	1-2
Turmalina, fragmentos de graníticos o neises	Trazas

MUESTRA No. 449G

Unidad 6

Litología general: Arenisca.

Rasgos texturales: regular a buen calibrado; principalmente 0,2 - 1,0 mm; esencialmente subangular; numerosos clastos de *shale*/lodolita calcárea tamaño arena y biotita fuertemente meteorizada.

Porosidad: 15-20%, limpia, excepto por óxidos de hierro que ocluyen poros.

Mineralogía, porcentaje por volumen, incluyendo porosidad:

Cuarzo monocristalino	35-40
Porosidad visible	15-20
Clastos, todos	15-20
Cuarzo policristalino	10-15

Oxido férrico, probablemente primera biotita	5-10
Arcilla, producto de alteración	2-5?
Feldespató alcalino	2-5
Feldespató plagioclasa	1-2
Moscovita, microclina	Trazas

Posible proveniencia: esencialmente fuente granítica, con menor posibilidad esquistó micáceo y cuarcita.

MUESTRA No. 450B

Unidad 9b

Litología general: arenisca con cemento calcáreo.

Rasgos texturales: muy pobre calibrado; 0,1 - 2,0 mm; subangular; granos grandes generalmente de cuarzo policristalino y presencia menor de fragmentos de roca volcánica; incluye abundantes fragmentos de roca granítica de cuarzo, plagioclasa, moscovita? (microclina) ± biotita. Algo de biotita rojo/pardo es prístina, más feldespató K que en la mayoría de muestras.

Porosidad: no visible.

Mineralogía, porcentaje por volumen:

Cuarzo monocristalino	25-30
Cuarzo policristalino	20-25
Feldespató plagioclasa	10-15
Feldespató alcalino, pertita	5-10
Moscovita	5-10
Biotita	5-10
Fragmentos de roca volcánica, usualmente básica/intermedia	2-5
Fragmento de roca granítica	2-5
Epidota	1-2

Clastos de lutita, uno hasta 2 mm	1-2
Microclina, micropertita	Trazas

Posible proveniencia: principalmente granítica con algo de cuarcita (venas de cuarzo?) importante aporte volcánico; algo de clastos de *shale* intraformacional.

MUESTRA No. 450C **Unidad 9c**

Litología general: Arenisca “sucia”

Rasgos texturales: muy pobre calibrado; 0,05 - 2,5 mm; subangular a subredondeado ; mineralogía similar a la muestra No. 450B excepto por a elevada alteración de la biotita ; fragmentos más grandes de roca son indicadores de origen granítico ; gran cantidad de micas y feldespato K.

MUESTRA No. 451B **Unidad 5a**

Litología general: Arenisca “sucia” con cemento calcáreo.

Rasgos texturales: muy pobre calibrado; arcilla/limo hasta 2,5 mm; algunos granos tienen apariencia de estar cubiertos por óxidos de hierro (limonita); contienen comúnmente feldespato K, incluyendo algunos fenocristales de fragmentos de roca volcánica (más félsicos que la mayoría de las muestras); algunos fragmentos de roca volcánica básica/intermedia, fragmentos de foraminíferos planctónicos.

Porosidad: no visible.

Mineralogía, porcentaje por volumen:

Cuarzo monocristalino	35-40
Cuarzo policristalino	15-20
Biotita, algo inalterada	10-15
Carbonato, cemento	10-15
Arcilla detrítica	5-10
Feldespato alcalino	5-10
Feldespato plagioclasa	2-5

Moscovita	2-5
Chert	1-2
Fragmento de roca volcánica (todos)	1-2
Epidota	Tranzas

MUESTRA No. 452B Unidad 5b

Litología general: arenisca con cemento calcáreo.

Rasgos texturales: pobre a regular calibrado; 0,03 - 0,4 mm; principalmente subangular.

Porosidad: no visible.

Mineralogía, porcentaje por volumen:

Cuarzo monocristalino	55-60
Cuarzo policristalino	10-15
Cemento calcáreo, esparita	10-15
Feldespató alcalino	5-10
Feldespató plagioclasa	2-5
Biotita, generalmente alterada a óxido férico.	2-5
Moscovita	1-2
Microclina, granófiro	Trazas

MUESTRA No. 453B Unidad 7c

Litología general: arenisca muy fina con cemento calcáreo.

Rasgos texturales: pobre a regular calibrado; 0,025 - 0,04 mm; subangular.

Porosidad: pobre (< 5%).

Mineralogía, porcentaje por volumen:

Cuarzo monocristalino	60-65
Cuarzo policristalino	10-15
Cemento esparítico	10-15
Biotita, alterada a óxido férrico	5
Máficos	5
Intraclastos lodo	2-3

MUESTRA No. 469 Unidad 9c

Litología general: arenisca de grano fino.

Rasgos texturales: buen calibrado, granos subredondeados.

Mineralogía, porcentaje por volumen:

Cuarzo	>70
Líticos y material tobáceo	15-20
Cemento calcáreo	10-15

MUESTRA No. 472 Unidad 9d

Litología general: arenisca de grano fino.

Rasgos texturales: buen a regular calibrado, subangular a subredondeado.

Porosidad: 10-15%

Mineralogía, porcentaje por volumen:

Cuarzo monocristalino	60-65
Cuarzo policristalino	15-20
Feldespatos alterados	5-15

Líticos diversos	5-15
Moscovita, biotita	Trazas