UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
SEDE BOGOTÁ

DEPARTAMENTO DE GEOCIENCIAS
FACULTAD DE CIENCIAS

ANH
AGENCIA NACIONAL DE HIDROCARBUROS

PROYECTO
CARTOGRAFIA GEOLOGICA Y MODELAMIENTO ESTRUCTURAL DE LAS CUENCAS DE URABÁ Y SINÚ-SAN JACINTO A PARTIR DE LA INTERPRETACION DE IMÁGENES DE SENSORES REMOTOS Y MONITOREO SISMICO

CONVENIO INTERADMINISTRATIVO
No. 070 de 2008

INFORME FINAL GEOLOGIA

Bogotá D.C., 30 Enero de 2009

CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA Y MODELAMIENTO ESTRUCTURAL DE LAS CUENCAS DE URABÁ Y SINÚ-SAN JACINTO A PARTIR DE LA INTERPRETACIÓN DE IMÁGENES DE SENSORES REMOTOS Y MONITOREO SÍSMICO

CONVENIO INTERADMINISTRATIVO
No. 070 de 2008

INFORME FINAL GEOLOGIA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
FACULTAD DE CIENCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOCIENCIAS
Bogotá D.C., 30 Enero de 2009

PARTICIPANTES

DIRECTOR

ORLANDON HERNANDEZ PARDO, Ph.D.

ELABORACION Y EDICION DE INFORME

VLADIMIR L. ZAPATA PARDO. Candidato M.Sc. Geología.
EDWARD A. SALAZAR ORTIZ. Candidato M.Sc. Geología.
FERNANDO GARZON VARON. Candidato M.Sc. Geofísica.

REVISION Y CORRECION DE INFORME

JUAN CARLOS MOLANO M. M.Sc.

INTERPRETACION GEOLOGICA Y ESTRUCTURAL

GERMAN VARGAS CUERVO Ph.D.
SONIA Y. GUIZA GONZALEZ Ph.D.

EDWARD A. SALAZAR ORTIZ. Candidato M.Sc. Geología.
VLADIMIR L. ZAPATA PARDO. Candidato M.Sc. Geología.

GEOLOGOS DE CAMPO

VLADIMIR L. ZAPATA PARDO. Candidato M.Sc. Geología.
EDWARD A. SALAZAR ORTIZ. Candidato M.Sc. Geología.
FERNANDO GARZON VARON. Candidato M.Sc. Geofísica.
ORLANDON HERNANDEZ P. Ph.D.
JUAN CARLOS MOLANO M. M.Sc.
JAIRO ESQUIVEL BORDA. Geólogo
CAROLINA BUITRAGO T. Física Candidata M.Sc. Geofísica.

CONTENIDO

1. METODOLOGIA 11
1.1 TRABAJO DE CAMPO 11
1.2. TRABAJO DE OFICINA 12
1.2.1. Estructura Y Elaboración del Informe 12

2. UBICACIÓN DEL AREA DE ESTUDIO 13
2.1. VIAS DE ACCESO 15

3. MARCO GEOLOGICO REGIONAL 16
3.1. MARCO GEOTECTÓNICO 16
3.2. EVOLUCIÓN GEOLÓGICA 18

4. MARCO LITOESTRATIGRAFICO 20
4.1. ROCAS IGNEAS 20
4.1.1. Complejo Santa Cecilia- La Equis (Ksvx) 20
4.1.2. Batolito de Mandé (Pggm) 26
4.2. ROCAS SEDIMENTARIAS 31
4.2.1. Formación Pavo Inferior (Ngpi) 31
4.2.2. Formación Pavo Superior (Ngps) 42
4.2.3. Formación Floresanto (Ngf) 51
4.2.4. Formación Paujil (Ngpa) 52
4.2.5. Formación Morrocoy – El Pantano (Ngmp) 56
4.2.6. Formación Arenas Monas (Ngam) 58
4.2.7. Formación Corpa (Ngco) 62
4.3. DIAPIRISMO DE LODO 67
4.3.1. Morfología y Afloramientos 67
4.3.2. Origen 68
4.3.3. Edad 70
4.4. DEPÓSITOS CUATERNARIOS 71

5. REZUMADEROS DE PETRÓLEO 72
5.1. REZUMADERO VEREDA EL AJÍ 72
5.2. REZUMADERO VEREDA LA RULA 73
5.3. REZUMADERO CANTERA VALENCIA 73

6. MARCO ESTRUCTURAL 75
6.1. LINEAMIENTOS 75
6.2. FALLAS 76
6.2.1. Falla de Mata Plátanos 76

6.2.2. Falla de San Rafael 76
6.2.3. Falla Yoky 76
6.2.4. Falla de Mulaticos 76
6.2.5. Falla Los Volcanes 76
6.2.6. Falla de Turbo 76
6.2.7. Falla Resbalosa 77
6.2.8. Falla Almagritas 77
6.2.9. Falla El Billete 77
6.2.10. Falla Quimary 77
6.2.11. Falla El Congo 77
6.3. PLIEGUES 77
6.3.1. Sinclinal de Tulipa 77
6.3.2. Sinclinal de Jaraguay 78
6.3.3. Sinclinal de Tucurá 78

7. CONCLUSIONES 79

8. RECOMENDACIONES 81

9. BIBLIOGRAFIA 84

FIGURAS

Figura 1. Ubicación de la zona de trabajo 14
Figura 2. Configuración actual de la Placa Suramericana y Caribe 17
Figura 3. Mapa tectónico-estructural la Zona de Urabá. 18
Figura 4. Columna estratigráfica generalizada. 21
Figura 5. Columna estratigráfica de la Formación Pavo Inferior 39
Figura 6. Columna estratigráfica de la Formación Pavo Inferior 40
Figura 7. Columna estratigráfica de la Formación Pavo Inferior 41
Figura 8. Columna estratigráfica de la Formación Pavo Superior 49
Figura 9. Columna estratigráfica de la Formación Pavo Superior 50
Figura 10. Columna estratigráfica de la Formación Corpa.. 66

FOTOGRAFIAS

Foto 1. Rompiente generada por el Complejo Santa Cecilia – La Equis 22
Foto 2. Basalto piroxenico con procesos de epidotizacion. 23
Foto 3. Lavas basálticas. Estación GSZ-014 23
Foto 4.Detalle de aglomerado volcánico constituido por basaltos y tobas 24
Foto 5. Brecha volcánica, con fragmentos de andesitas y basaltos amigdaloides. 25
Foto 6. Secuencia sedimentarias del Complejo Santa Cecilia-La Equis 25
Foto 7. Morfología del Batolito de Mandé en el sector de Balboa, Choco. 27
Foto 8. Morfología de cerros escarpados producida por el Batolito de Mandé. 27
Foto 9. Tonalita con xenolitos, Batolito de Mandé. Balboa, Choco. 28
Foto 10. Tonalita cortada por un dique máfico. Batolito de Mandé, Río Titisa. 29
Foto 11. Tonalita saprolitizada. 29
Foto 12. Capas de la columna de la Formación Pavo Inferior 32
Foto 13. Capas de la columna de la Formación Pavo Inferior. 33
Foto 14. Capas de la columna de la Formación Pavo Inferior. 33
Foto 15. Litoarenitas de grano fino y muy fino con lentes de brea. 34
Foto 16. Litoarenitas de grano fino y muy fino. Cantera Piedrecitas 35
Foto 17. Litoarenitas de grano fino. Vereda El Dos 35
Foto 18. Sucesión rítmica de limolitas arenosas. Vereda El Tié. 36
Foto 19. Estratificación dómica o convoluta. Vereda El Tié 37
Foto 20. Derrumbes de la Formación Pavo Superior.. 42
Foto 21. Formación Pavo Superior. Carreteable vereda El Bobal - vereda Carito 43
Foto 22. Paquetes de limolitas lodosas. 44
Foto 23. Detalle del contacto erosivo entre litoarenitas limolitas.. 44
Foto 24. Estratificación lenticular del segmento basal y medio de la unidad. 45
Foto 25. Limolitas arcillosas dispuestas en capas delgadas. 46
Foto 26. Litoarenitas de grano medio del segmento superior. 47

Foto 27. *Thallasinoides* sobre el plano de estratificación. 47
Foto 28. Contacto angular entre depósitos Cuaternarios y la Formación Pajuil ... 53
Foto 29. Arenitas calcáreas con intercalaciones de lutitas. 54
Foto 30. Arenitas calcáreas con intercalaciones de lutitas. 54
Foto 31. Tope de la Formación Paujil..... 55
Foto 32. Formación Morrocoy, en la vía que del municipio de Zapata conduce a la Cantera de Piedras Negras. 57
Foto 33. Conglomerados arenosos de la Formación Arenas Monas..... 59
Foto 34. Estratificación cruzada en arenitas de la Formación Arenas Monas. 60
Foto 35. Formación Arenas Monas.. 60
Foto 36. Detalle de bioturbación. Estación VZ-046. 61
Foto 37. Formación Corpa. Cantera Pueblo Nuevo. 63
Foto 38. Conglomerados polimícticos clastosoportados. 63
Foto 39. Conglomerados de la Formación Corpa 64
Foto 40. Detalle de lentes de arenitas gruesas a muy gruesas 65
Foto 41. Vulcanismo Diapirico. Estación VZ-006 67
Foto 42. Volcán de Lodo de Necoclí 68
Foto 43. Volcan de lodo vereda Palmares.. 69
Foto 44. Volcán de Lodo en la vía que de San Juan conduce a San Juanito. 69
Foto 45. Rezumadero vereda El Ají 72
Foto 46. Manchas de aceite sobre el agua de la quebrada La Rula. 73
Foto 47. Rezumadero de petróleo en la cantera Valencia 74
Foto 48. Detalle del rezumadero de la cantera Valencia. 74

RESUMEN

En este informe se presentan las descripciones detalladas de las unidades litológicas aflorantes en los costados oriental y occidental del Golfo de Urabá en los sectores comprendidos entre Chigorodó, Apartado, Currulao, Turbo, Necoclí, San Pedro de Urabá al Oriente y Titumate y Capurganá al Occidente. El Sector oriental de la zona de estudio está constituido por rocas sedimentarias de ambientes marinos someros de “shoreface” o frente de playa, depositadas durante el Mioceno, poseen aceptables características como rocas almacenadoras y sellos. En el costado occidental del Golfo, afloran rocas volcanosedimentarias e intrusivas emplazadas en el lapso del Cretácico superior hasta el Paleógeno, que se convierten en el basamento de la Cuenca de Urabá. El estilo estructural del Cinturón del Sinú – San Jacinto está representado en fallas de rumbo y de cabalgamiento de gran extensión con orientaciones preferenciales N – NW, aunque sus trazos son difíciles de seguir en campo, poseen claras expresiones en las imágenes de sensores remotos.

INTRODUCCION

En el marco del Convenio Interadministrativo No. 070 de 2008 titulado "**CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA Y MODELAMIENTO ESTRUCTURAL DE LAS CUENCAS DE URABÁ Y SINÚ-SAN JACINTO A PARTIR DE LA INTERPRETACIÓN DE IMÁGENES DE SENSORES REMOTOS Y MONITOREO SÍSMICO"** suscrito entre del Departamento de Geociencias de la Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá y la Agencia Nacional de Hidrocarburos **ANH**, se realizan dos salidas de campo en el área de estudio, conocido como El Urabá, que se ubica en la costa Atlántica Colombiana, al oeste del país, entre los departamentos de Antioquia, Córdoba y Chocó. El proyecto tiene por objeto el modelamiento estructural de las Cuencas de Urabá y Sinú - San Jacinto a partir de las ondas mecánicas recolectadas por sismómetros de alta sensibilidad instalados en puntos óptimos, con las que se pretenden elaborar registros sísmicos de cuya interpretación se obtendrá un modelamiento estructural final. Para ello se realizan labores de campo dirigidas a comprensión de la geología del área y a la búsqueda de áreas óptimas para la instalación de los sismómetros.

Los cinturones plegados de Sinú - San Jacinto están ubicados en el sector noroeste de Colombia, en una zona de borde continental oblicua a la costa que comprende los sectores del Golfo de Urabá tanto en su margen occidental como oriental, al norte de los departamentos del Choco y Antioquia, en los municipios de Ungía, Titumate, Acandí en el Choco, para el sector occidental del Golfo de Urabá y los municipios de Chigorodó, Carepa, Apartado, Currulao, Turbo, Necoclí y San Pedro de Urabá al oriente del Golfo.

El cinturón de San Jacinto (Duque-Caro, 1978), se encuentra limitado al oriente por el lineamiento de Romeral que lo separa de las subcuencas de San Jorge y Plato y al occidente por el lineamiento del Sinú que a su vez lo separa del cinturón del Sinú. Se considera que las rocas de este sector yacen sobre basamento de corteza oceánica mientras que las unidades de San Jorge y Plato yacen sobre basamento de corteza continental. Se considera que las rocas sedimentarias del cinturón de San Jacinto iniciaron su depósito a finales del Cretácico, marcando la acreción de la corteza oceánica en este sector.

Por otra parte, el cinturón del Sinú, se encuentra limitado al oriente por el lineamiento del Sinú que lo separa del cinturón de San Jacinto y al occidente por la falla de Uramita. Las rocas de este cinturón yacen sobre corteza oceánica, y son más jóvenes que las del cinturón de San Jacinto, siendo en su mayoría del Mioceno hasta el Reciente.

La fase de campo se lleva a cabo complementaria a los resultados obtenidos a partir de los análisis de sensores remotos realizados sobre el área y tiene por

objeto revisar la expresión morfológica de las estructuras identificadas en las imágenes de radarsat, estudiándolas directamente en campo y verificando la litología reportada en el área por la firma Geotec (2003) en un trabajo para INGEOMINAS. De forma complementaria se realiza un muestreo del área, en conjunto con un estudio logístico para los posibles puntos de instalación de los sismómetros, evaluando para ello las rutas de acceso existentes en la zona, su estado, disposición del terreno, hospedaje e infraestructura para el desplazamiento de los equipos. Paralelo a esto se realiza una investigación en la que se identifican autoridades locales y posibles problemas de orden social que afectan las áreas de interés y que pueden interferir con la investigación.

1. METODOLOGIA

1.1. TRABAJO DE CAMPO

De acuerdo con las interpretación estructurales realizadas a partir de las imágenes satelitales Radarsat **(Anexo I-B, I-C)**, se diseñaron transectas en sentido oeste – este, con el fin de atravesar las estructuras principales y reconocer las unidades litológicas aflorantes en el área, que poseen un tren estructural general en sentido NE.

El diseño de las transectas permitió reconocer las secciones y localidades donde afloran las unidades litológicas, teniendo en cuenta aspectos particulares como espesor considerable, buen grado de exposición, continuidad estratigráfica, fácil acceso y representatividad a nivel areal, con el objeto de realizar en la zona de estudio descripciones litológicas, sedimentológicas y levantamientos de columnas estratigráficas, para identificar las unidades litoestratigráficas superficiales, junto con diapirismo de lodo y depósitos cuaternarios.

La localización de cada una de las estaciones se realizo a partir del sistema GPS con coordenadas de origen Colombia Bogotá Central, proyección Trasverse Mercator con esferoide Internacional 1909 y datum Bogotá, coordenadas planas **X**, **Y** y la altitud **Z.** (**Anexo II-A**).

En la toma de la información de campo se tuvieron en cuenta los siguientes parámetros; en el espesor de los estratos se categorizó según la clasificación de Ingram (1954): capa muy gruesa (>100 cm), capa gruesa (31.6-100 cm); capa media (10-31.6 cm), capa delgada (3.2-10 cm), capa muy delgada (1.0-3.2 cm) y para las láminas: láminas gruesas (3-10 mm), láminas medias (1-3 mm), láminas delgadas (0.3-1 mm) y láminas muy delgadas (< 0.3 mm). Para la clasificación composicional y textural de sedimentos gravas, arenas y sus correspondientes rocas se sigue la metodología propuesta y compilada por Folk (1980). La descripción de las rocas aloquímicas se realizo siguiendo la clasificación de Folk (1974).

Las columnas estratigráficas se midieron con cinta métrica y brújula. Como datos complementarios en las descripciones de campo se reporta el color de cada roca en superficie y en muestra fresca, la presencia de alteraciones, oxidación, procesos pedogenéticos y descripción faunística, si la hay. Se levantaron columnas estratigráficas de las Formaciones Pavo Inferior, Pavo Superior y Corpa, **(Anexo IV)**. El estudio geológico incluyó la toma de datos estructurales **(Anexo II-A)** para la identificación de los parámetros de deformación que actualmente influyen en los descriptores de esfuerzo en el área del campo, que

conforman las estructuras de la zona y que complementan las observaciones realizadas por medio de los sensores remotos.

Las muestras recolectadas se nomenclaron empleando las letras iniciales de Nombre y Apellido de cada geólogo, acompañado por el número de estación (ejemplo: VZ-001). En las estaciones con más de una muestra, se nomenclaron alfabéticamente A, B, C, (ejemplo: VZ-001 B), en el caso de las muestras relacionadas a columnas estratigráficas se nomenclaron con el número del nivel o set al que pertenecen y su posición en la capa (ejemplo VZ-021 Nivel 6). Las muestras recolectadas en campo (249) fueron relacionadas y recodificadas para entrega y almacenamiento en la litoteca del ICP **(Anexo II-B)**.

1.2. TRABAJO DE OFICINA

Se efectuaron las labores de interpretación de sensores remotos de manera preliminar a las fases de campo, conjunto a la planeación de transectas y discusión de criterios para la selección de localidades de referencia, zonas y estructuras por controlar. Se analizaron las imágenes de satélite Radarsat **(Anexo I-B, I-C)**, adquiridas para el proyecto y se contrastaron con la literatura existente en el área incluyendo la cartografía geológica propuesta por Geotec (1997, 2003) a escala 1:100.000.

Las columnas estratigráficas fueron dibujadas en Corel Draw en escalas 1:50, 1:100 y 1:200. La información de superficie colectada en campo y ampliada a través de la literatura fue correlacionada con datos de subsuelo disponibles, e integrada a las interpretaciones realizadas de los sensores remotos Radarsat, complementando la interpretación previa a las fases de campo.

1.2.1. Estructura y Elaboración del Informe

En este informe se presentan los resultados de los datos colectados, procesados y analizados correspondientes al área de la cuenca de Urabá y Sinú – San Jacinto. Se realizó una descripción detallada de la de rocas que constituyen el entorno geológico de la zona, haciendo énfasis en los tipos de litología aflorantes. Se analizaron las evidencias geotectónicas, describiendo los sistemas de fallas que se reportan en la zona de investigación. En la edición del informe se opta por presentar de manera integrada los resultados con las respectivas descripciones, análisis de campo, fotografías, figuras, anexos, recomendaciones y conclusiones.

Adjunto a este informe se entrega un mapa geológico y estructural (**Anexo IA**) en el que se muestra la disposición cartográfica de las unidades descritas y los rasgos morfológicos y estructurales con mayor relevancia en el área de estudio.

2. UBICACIÓN DEL AREA DE ESTUDIO

La zona de estudio se localiza en la región de Urabá, en el noroccidente Colombiano (**Figura 1**), donde además del golfo de Urabá confluyen territorios de los departamentos de Antioquia, Córdoba y Chocó, limita al norte con el mar Caribe, al oriente con el departamento de Córdoba y al sur, suroeste y oeste con el departamento de Chocó. Cuenta con una extensión aproximada de 4000 km^2, cubriendo total o parcialmente las planchas topográficas a escala 1:100.000 nombradas a continuación; 59-Arboletes, 60-Canalete, 68-Acandí, 69-Necoclí, 70-San Pedro de Urabá, 79 Bis-Cerro Tararí, 79-Turbo y 80-Tierralta. La zona se asemeja a un polígono (**Figura 1**) cuyos límites están comprendidos entre las coordenadas con origen Bogotá que se relacionan en la Tabla 1.

Vértice	Este (m)	Norte (m)
1	647508	1434452
2	647294	1406410
3	696364	1337962
4	756238	1382575
5	727809	1462010

Tabla 1. Coordenadas Este y Norte del área de estudio, con origen Bogotá

Los trabajos de cartografía geológica, levantamiento de columnas estratigráficas y toma de muestras se adelanto mediante transectas aprovechando las vías de la región, especialmente en las zonas localizadas al sur y al oriente del golfo de Urabá. La zona de Acandí-Capurganá, sobre la margen occidental del golfo de Urabá, fue cubierta mediante la inspección de una serie de localidades a lo largo de la costa entre Titumate, Triganá, Napú y Capurganá y a lo largo de la vía Acandí – Balboa.

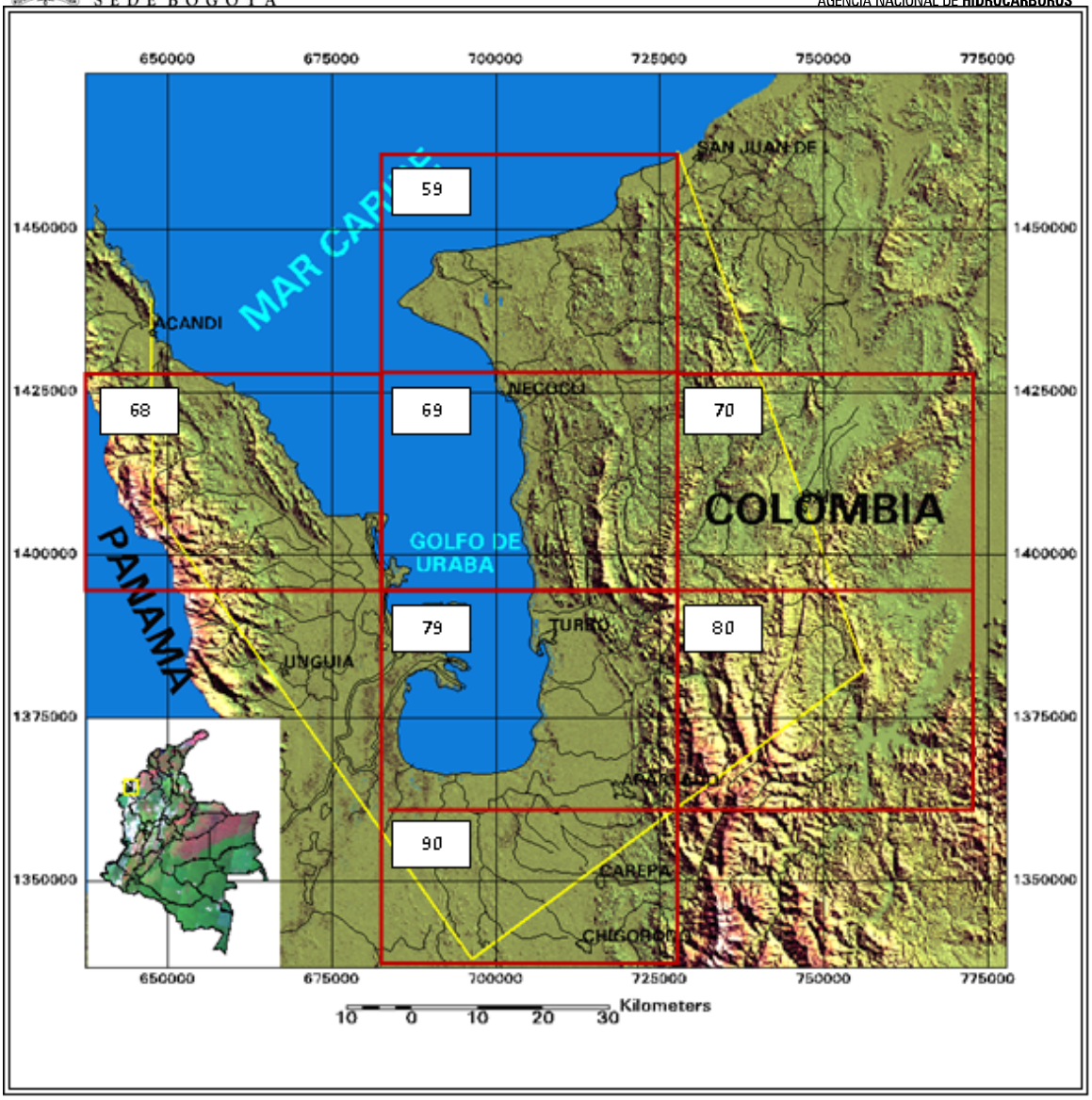


Figura 1. Ubicación de la zona de trabajo en las áreas del Urabá Antioqueño y Chocoano. La línea amarilla delimita la zona de cubrimiento general del proyecto. Los recuadros en rojo delimitan las planchas 1:100.000 número 59 Mulatos, 68 Acandí, 69 Necoclí, 70 San Pedro de Urabá, 79 Turbo, 80 Tierralta, 90 Chigorodó que sirven de base cartográfica en el desarrollo del proyecto.

Las transectas realizadas se relacionan a continuación:

1. Necoclí – El Tié - Turbo
2. Necoclí – Cerro del Águila
3. Necoclí – Corregimiento de El Mellito – Corregimiento La Changa
4. Corregimiento de Siete Vueltas
5. Necoclí – Vereda El Carito – Caserío Loma de Piedra – Vereda Algodón
6. Corregimiento Mello Villavicencio
7. Necoclí – Corregimiento de Mulatos – Corregimiento de Zapata- Vereda de
8. Necoclí, Mulatos, Zapata - Piedras Negras.

9. Turbo – Punta Piedras – El Tié
10. Vereda El Tres – Alto de Mulatos – Pueblo Bello
11. Vereda El Dos – Manuel Cuello
12. Currulao – Nueva Antioquia
13. Vereda Río Grande – Los Mandarinos - El Gas
14. Apartado – San Pedro de Apartado
15. Carepa – Piedras Blancas – El Cerro
16. Chigorodó – Remigio
17. Valencia – San Pedro de Urabá – Pueblo Bello
18. Villanueva – Inspección de Policía Santa Catalina – Inspección de Policía Los Naranjos – Arboletes.
19. San Pedro de Urabá – caserío San José de Mulatos – Pueblo Nuevo.
20. Vereda Las Rulas – San Pedro de Urabá – Inspección de Policía Santa Catalina.
21. Valencia – caserío de Pueblo Nuevo – Corregimiento de Batata
22. Valencia – caserío de San Rafael de Pirú – caserío Guadual.
23. Caserío San Vicente de Congo – Vereda Cacahual.
24. Acandí – Playas de Titumate
25. Acandí – Capurganá – El Cielo
26. Acandí - Balboa

Las transectas numeradas de 1 a 8 corresponden a las planchas 69 Necoclí y 59 Mulatos; de 9 a 16 corresponden a las planchas 79 Turbo y 90 Chigorodó; de 17 a 23 están ubicadas en las planchas 70 San Pedro de Urabá y 80 Tierralta y las transectas numeradas de 24 a 26 fueron desarrolladas en la plancha 68 Acandí.

2.1. VIAS DE ACCESO

El área de estudio en el sector oriental del Urabá Antioqueño, cuenta con una vía principal completamente pavimentada en sentido norte – sur denominada vía al mar, que conecta los municipios de Chigorodó, Carepa, Apartado, Currulao, Turbo y el municipio de El Tié, Necoclí. Las vías de segundo y tercer orden que se dirigen hacia el oriente del área se encuentran en regulares condiciones, suelen ser de tránsito complicado en época de invierno, incluso a lomo de mula. Las longitudes de las vías secundarias poseen longitudes promedio de 10 km. El sector occidental del área que corresponde a una morfología completamente plana posee múltiples vías de acceso que se dirigen a las plantaciones de banano. Algunas zonas presentan una baja densidad de vías como por ejemplo el sector de Necoclí hacia los caseríos Los Indios, la zona de Cielo Azul, San Rafael y Pueblo Burra, entre otros, al igual que la vereda El Gas en la plancha 79 de Turbo. El transporte hacia el sector occidental del área, en el departamento del Choco, comprendida entre Titumate, Acandí y Capurganá se realiza por medio de lanchas con motor fuera de borda que atraviesan el Golfo de Urabá en un recorrido de dos horas y media de duración.

3. MARCO GEOLOGICO REGIONAL

La zona de investigación se ubica en la parte del Caribe Colombiano que corresponde a 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 norte de Colombia en el Paleógeno y 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. La mayor parte del cinturón de San Jacinto aflora costa adentro, la porción norte se encuentra bajo el mar. La porción sur del cinturón del Sinú aflora costa adentro, mientras que las dos terceras partes del cinturón se encuentran costa afuera. Las rocas del cinturón del Sinú son en su mayoría del Mioceno hasta el Reciente, según Duque-Caro (1978), debido a estas características se considera que el cinturón del Sinú corresponde a una fase posterior de acreción de corteza oceánica que continúa en la actualidad y cuyo rasgo más representativo es la presencia del intenso diapirismo y vulcanismo de lodo (Guzmán *et. al.* 2004).

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 (Geotec 2003).

El flanco oeste del área de estudio se encuentra ubicado en el norte del departamento de Choco, se conoce como el Urabá Chocoano y comprende de sur a norte desde el Cerro El Cuchillo, en el límite entre los departamentos de Chocó y Antioquia, hasta el Municipio de Acandí, que en el trabajo de Geotec (2003) se conoce como el complejo volcánico del Baudó, pero para su descripción se emplea las unidades formales del complejo de Santa Cecilia - La Equis y el Batolito de Mande, los cuales hacen parte de un arco volcánico denominado Arco de Sutatá, Arco de Dabeiba ó Arco de Mandé, ubicado en terreno Cuna (Gonzales 2001).

3.1. MARCO GEOTECTÓNICO

La evolución tectónica de la Cuenca de Urabá y Sinú – San Jacinto está directamente relacionada con los eventos acrecionales que dieron origen a la Cordillera Occidental por el choque entre las placas Caribe y Suramericana (**Figura 2**) durante el Cretácico superior - Paleoceno.

Desde el Cretácico tardío hasta el Neógeno temprano, la Placa Caribe 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 con desplazamiento dextral.

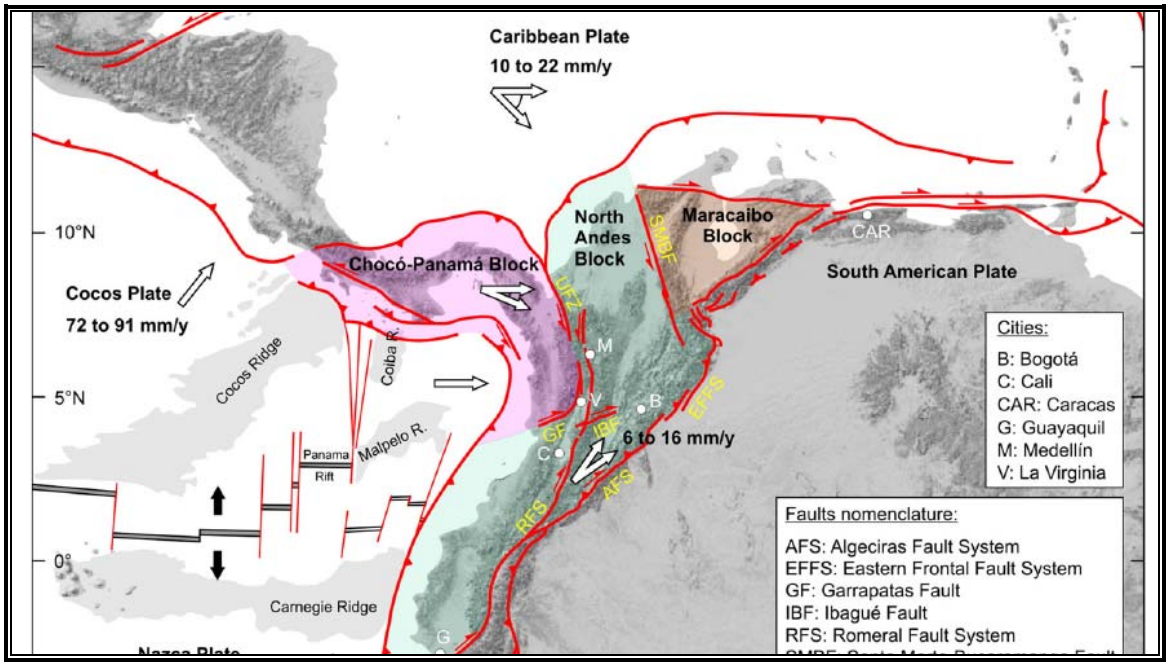


Figura 2. Configuración actual de la Placa Suramericana y su relación con la Placa Caribe con un desplazamiento de 10 a 22mm/año, en sentido este – noreste. Modificado de Suter et.al. (2008).

Esta aproximación oblicua de la placa ha tenido una influencia muy importante, durante el Mesozoico-Cenozoico (Meissner *et.al*, 1976; Feininger & Bristol, 1980) indicando que las rocas del Mesozoico formadas en la margen occidental de Colombia pudieron haber sido generadas en el occidente y acrecionadas a la cadena montañosa de los Andes, gracias a un movimiento de fallas dextro-laterales (Nivia, 1987, 1989). En la evolución geológica del área influyen las fallas y elementos tectónicos del noroccidente colombiano como la Sutura de Romeral, el lineamiento de Sinú, el arco de Magangue - Cicuco, las fallas de Santa Marta y Oca (**Figura 3**) son claves en la evolución téctono-estratigráfica de esta área de Colombia, desde el Cretácico superior hasta la actualidad, donde se modelaron los fondos de sedimentación que integran el área del Caribe colombiano.

3.2. EVOLUCIÓN GEOLÓGICA

De acuerdo con Duque-Caro (1980), durante el Cretácico tardío - Paleoceno, existían dos provincias principales, el margen oriental emergido que correspondía a la actual Cordillera Central y la Sierra Nevada de Santa Marta constituidas por rocas volcánicas, volcanosedimentarias, rocas ígneas intrusivas de composición acida e intermedia además de rocas metamórficas de bajo grado, sujetas a erosión y áreas sumergidas con un ambiente netamente oceánico hacia el occidente, compuestas esencialmente por basaltos y serpentinitas generadas en ambientes de expansión oceánica, las dos provincias estaban limitadas por la falla o sutura de Romeral.

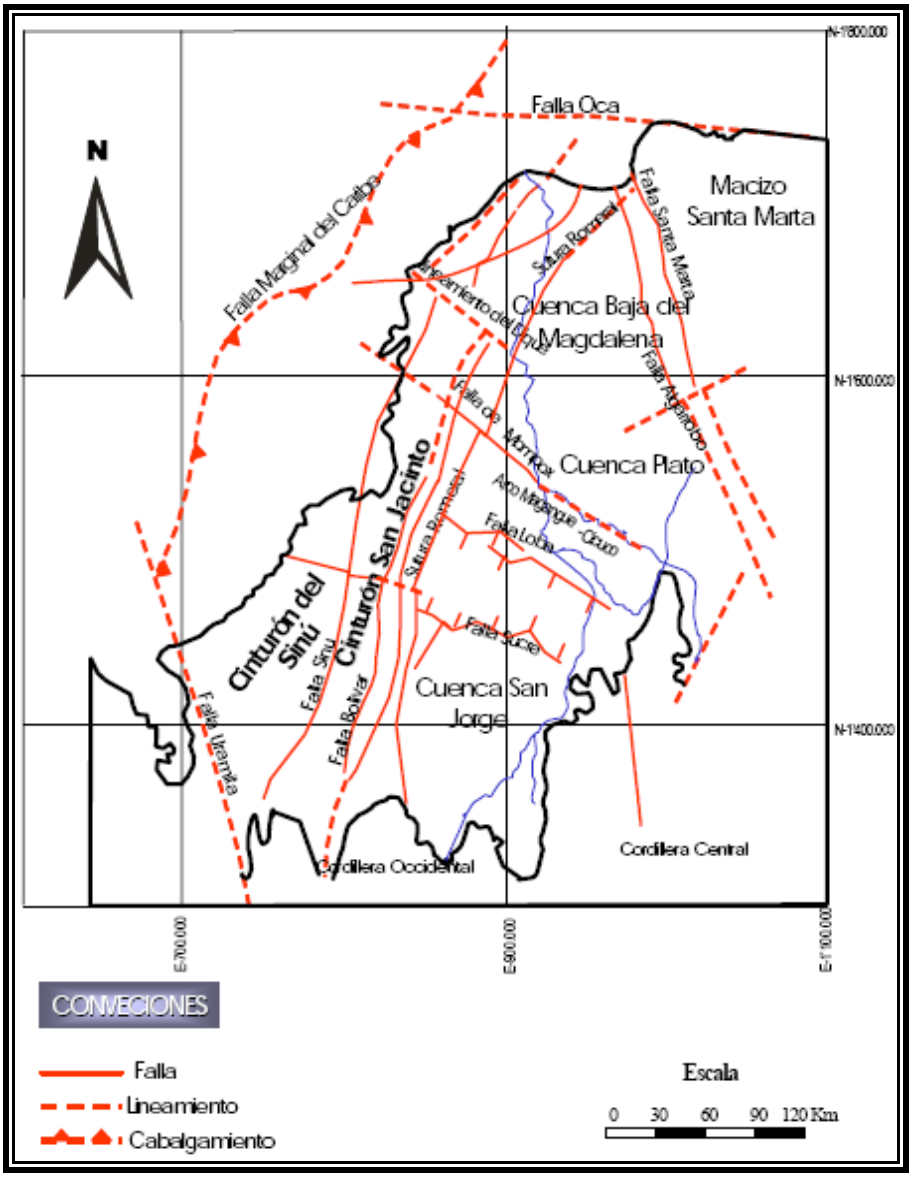


Figura 3. Mapa tectónico-estructural la Zona de Urabá. (Modificado de Duque y Caro, 1979 en Informe Técnico Cinturones Sinú – San Jacinto, Guzmán *et.al.* (2004)).

Sobre las rocas de dominio oceánico se depositaban progresivamente rocas pelágicas con abundante microfauna, en ambientes marinos profundos y batiales que corresponderían a las Formaciones Cansona y San Cayetano de edad Maastrichtiano - Coniaciano y Paleoceno respectivamente. Durante el Eoceno Medio se presenta un incremento en los esfuerzos compresionales dextrolaterales que producen el plutonismo tonalítico de Chalán y Mande y se inicia el levantamiento del Cinturón de San Jacinto y de la Cordillera Occidental, en lo que Duque-Caro (1980) denomina Orogenia Pre-Andina. Posterior a la Orogenia Pre-andina en el Eoceno Tardío – Oligoceno se inicia en el Cinturón del Sinú y San Jacinto una sedimentación pelágica con un bajísimo aporte clástico que origina margas, cherts y lodolitas silíceas. Durante el Mioceno Tardío – Plioceno se presenta una mayor inestabilidad tectónica en el área como consecuencia de esfuerzo compresivos laterales que producen la separación de la Sierra Nevada de Santa Marta de la Cordillera Central a lo largo de la Falla de San Jorge; la sedimentación al occidente del cinturón de San Jacinto y Sinú se vuelve eminentemente turbidíticos con grandes aportes terrígenos continentales.

La Orogenia Andina (Plio-Pleistoceno) produce múltiples fenómenos en el área de estudio, entre los que se cuentan, el volcanismo de lodo dentro de la franja de sedimentos acumulados en el Cinturón del Sinú, levantamiento y plegamiento completo del Cinturón de San Jacinto e inflexión del cinturón del Sinú con movimientos transcurrentes a lo largo de la falla de Romeral.

4. MARCO LITOESTRATIGRAFICO

Para la descripción de las unidades litoestratigráficas se sigue la nomenclatura propuesta por Guzmán *et.al.* (2004), quienes elevan al rango de formación las unidades informales propuestas por Geotec (1997). Las unidades litoestratigráficas identificadas en el área de estudio se muestran en la columna esquemática (**Figura 4**) y corresponden en orden cronológico al Complejo Santa Cecilia-La Equis (**Ksvx**) y el batolito de Mandé (***Pggm***) que integran las rocas más antiguas del área y actúan como el basamento económico de la cuenca. Suprayaciendo estas unidades de manera discordante se encuentran las formaciones sedimentarias Paleógenas y Neógenas denominadas Pavo Inferior (**Ngpi**), Pavo Superior (**Ngps**), Floresanto (**Ngf**), Paujil (**Ngpas**), Morrocoy el Pantano (**Ngpm**), Arenas Monas (**Ngam**) y la Formación Corpa (**Ngco**), junto con extensos cuerpos cuaternarios compuestos por Depósitos Aluviales (**Qal**), Fluviomarinos (**Qfm**), Depósitos Marinos (**Qm**), Depósitos marinos costeros (**Qmc**) y un marcado vulcanismo de lodo (**Qvl**), activo en el presente y cuyos depósitos son comunes en el flanco Este del área de estudio.

4.1. ROCAS IGNEAS

4.1.1. Complejo Santa Cecilia- La Equis (Ksvx)

Referencia original del nombre: Definido originalmente por Álvarez y González (1978) como Formación Santa Cecilia, Calle y Salinas (1986) la denominan andesitas de la Formación La Equis y González (2001) agrupa y redefine la unidad como Complejo Santa Cecilia – La Equis, diferenciándolas de lo propuesto por Salazar et, al (1991) quienes incluyen en este complejo al Batolito de Mande.

Afloramientos: El Complejo de Santa Cecilia – La Equis aflora al este del Batolito de Mandé, entre los departamentos de Antioquia y Chocó, aparece con una orientación noroeste como una faja continua de amplitud variable entre 2 y 7 km. Se presenta en contacto fallado con sedimentitas y vulcanitas del Grupo Cañas Gordas y hacia el sur es limitada por el Batolito de Mandé.

Morfología: El Complejo Santa Cecilia – La Equis genera morfologías fuertemente escarpadas y muy abruptas con alturas máximas de 100m, que se convierten en rompientes marinas de difícil acceso (**Foto 1**)

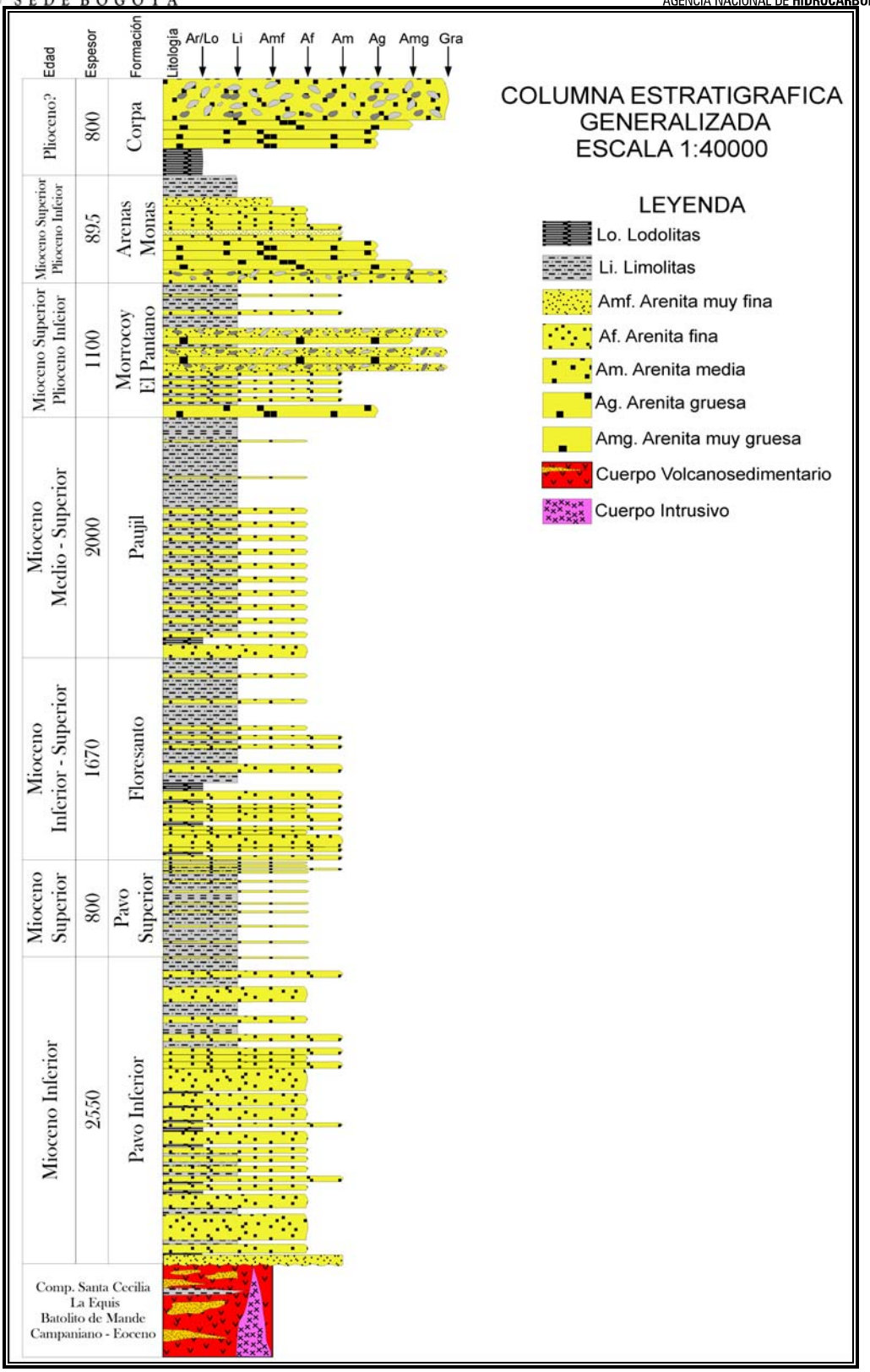


Figura 4. Columna estratigráfica generalizada del área de estudio escala 1:40000. Los cuerpos cristalinos y volcanosedimentarios no están escalados, no existe reporte de espesores. Anexo IV.

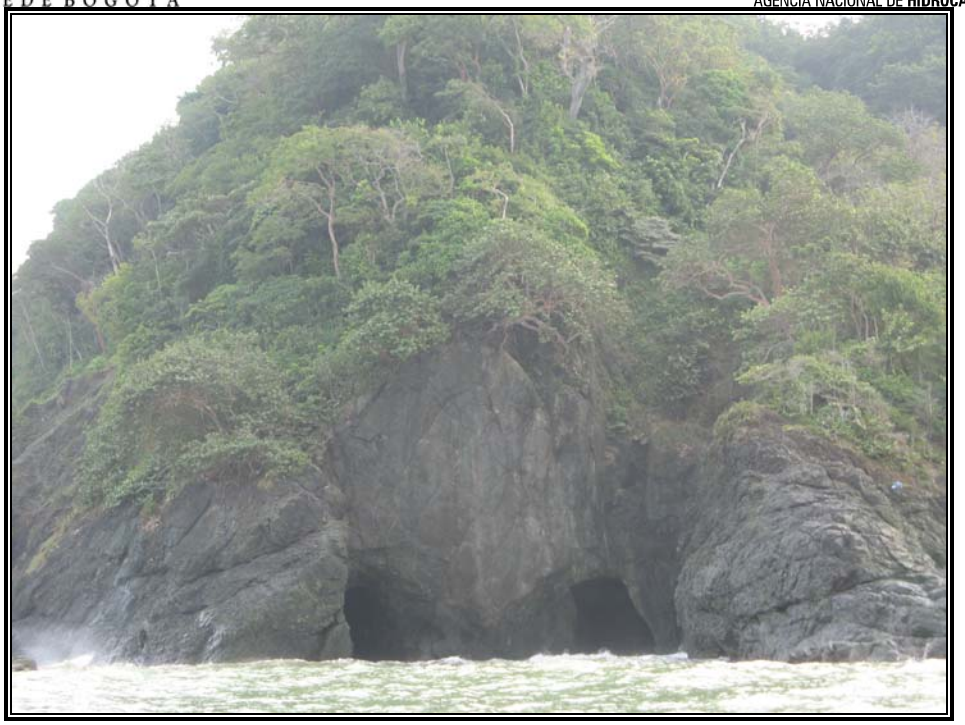


Foto 1. Rompiente escarpada, generada por el Complejo Santa Cecilia – La Equis en cercanías a la población de Acandí, al sur de las playas de Playona.

Descripción Litológica: De composición heterogénea, el Complejo Santa Cecilia – La Equis está constituido por flujos lávicos básicos, brechas, aglomerados, tobas, con niveles locales de lavas almohadilladas e intercalaciones de limolitas, lodolitas calcáreas, chert y microesparitas, como se puede observar, en las costas de Titumate, San Francisco, Triganá, Napú, Punta Goleta (El Oasis), Pinorroa, El Vino y El Aguacate. A continuación se describen con mayor detalle los flujos de lava, brechas, tobas e intercalaciones sedimentarias aloquímicas y terrígenas que componen las secuencias:

- **Lavas:** Corresponden a rocas ígneas efusivas afanítica de color verde claro, se observan ocasionales cristales de olivinos y piroxenos con avanzados procesos de epidotización y venillas de sílice – epidota (**Foto 2 y 3**). Es común encontrar basaltos olivínicos amigdaloides y vesiculares con fenocristales de plagioclasa, augita, olivino y ocasionalmente hiperstena, en matriz hipocristalina.

Foto 2. Basalto piroxénico con procesos de epidotización generados en una diaclasa. Acandí.

Foto 3. Mirador al norte de las playas de El Aguacate. Afloramiento de 20 m de altura por 50 m de longitud, exponen lavas basálticas con fenocristales de hornblenda, epidota, plagioclasa, embebidos en una matriz afanítica de color verdoso-café-violeta. El cuerpo se presenta fuertemente diaclasado, con fracturas cerradas y abiertas de hasta 5 cm. Estación GSZ-014.

- **Brechas y Aglomerados:** Las tobas y brechas volcánicas presentan fragmentos de tamaños que varían de gránulos a bloques angulares, pobremente seleccionados (**Foto 4 y 5**). Se encuentran fragmentos de andesitas faneríticas, con cristales euhedrales de plagioclasa y hornblenda en una matriz afanítica negra, fragmentos de basaltos y basaltos amigdaloides con procesos de epidotización y rellenas de clorita. El material que actúa como matriz, y que solda los fragmentos, corresponde a arena tamaño fino y medio que en algunos sectores presenta estratificación planoparalela en capas delgadas y medias. No es posible determinar la composición de esta matriz ya que no es clara la naturaleza ni volcánica ni sedimentaria del material.

Foto 4. Rocas en el costado sur de las playas de Napú. Detalle de aglomerado volcánico constituido por basaltos y tobas con amígdulas rellenas de clorita. Estación GZ-008

- **Tobas:** Macizas, de color gris verdoso y por lo general muestran buena estratificación; están intercaladas en los flujos basálticos y predominan las cristalolíticas y ocasionalmente, tobas de cristales vitrocristalinas. Tanto en las tobas como en los flujos basálticos con los cuales están asociados, existen vesículas rellenas con ceolitas, clorita y calcita, pumpellita y clorita, prehnita y epidota.

- **Intercalaciones Sedimentarias:** El segmento sedimentario del Complejo está compuesto por microesparitas y microbioesparitas arenosas de color gris claro dispuestas en capas delgadas, tabulares con contactos netos planoparalelos, altamente fracturadas con desplazamientos centimétricos, estas capas son suprayacidas por lodolitas violáceas dispuestas en capas delgadas tabulares (**Foto 6**), con contactos ondulosos discontinuos, con venillas milimétricas de calcita dispuestas en enrejado. Se observa estratificación cruzada de bajo ángulo. El espesor promedio del segmento sedimentario es de 40 m y aflora en varias localidades.

Foto 5. Brecha volcánica, con fragmentos de andesitas y basaltos amigdaloides.

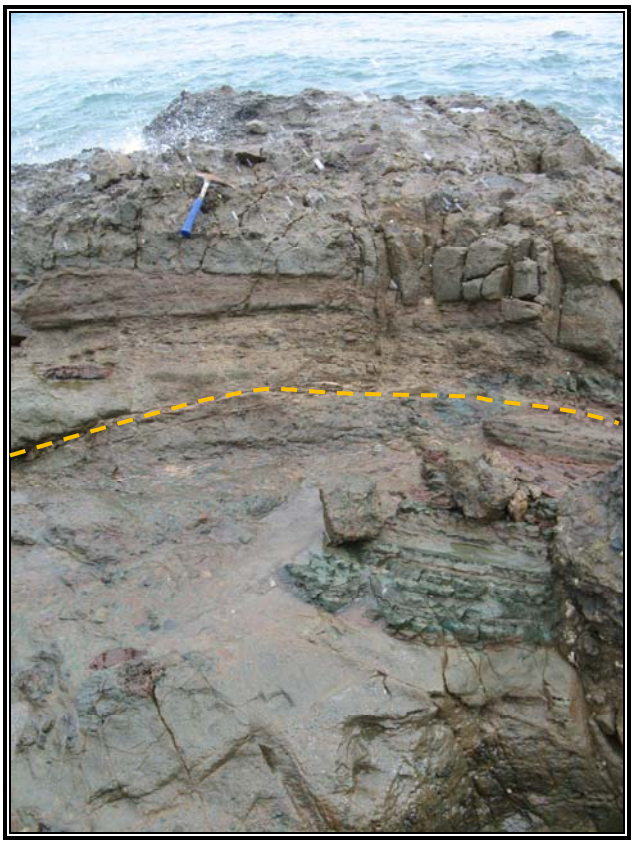


Foto 6. La secuencia de derrames de lavas (parte inferior de la línea punteada) se encuentra intercalada con lentes de rocas sedimentarias (parte superior) como chert, lodolitas violáceas y arenitas. Localmente hay estratos calcáreos de esparitas, como se observa en las playas de Pinorroa. Estación GSZ-012

Edad: De acuerdo con fósiles hallados en los segmentos sedimentarios del Complejo se ha podido datar la unidad como Campaniano (Calle & Salinas 1986) sin embargo no se puede precisar la edad de todo el Complejo, debido a la ausencia de dataciones radiométricas en las rocas efusivas.

Ambiente de Formación: De acuerdo con González (2001), el Complejo Santa Cecilia – La Equis se generaría en una zona de subducción en dirección este – oeste en un arco magmático. Los análisis geoquímicos realizados en las rocas volcánicas indican tendencias toleíticas y calcoalcalinas (Calle & Salinas 1986, Salazar *et,al.* 1991). Para diversos autores el Complejo Santa Cecilia - La Equis y el Batolito de Mandé, hacen parte de un posible arco volcánico, denominado Arco de Sautatá (Haffer, 1967; Case et al, 1971), Arco de Dabeiba (Duque-Caro, 1989) o de Mandé ubicado en el terreno Cuna (Restrepo y Toussaint. 1989). (Todos los autores citados en Memoria Geológica de Antioquia, Ingeominas 2001).

4.1.2. Batolito de Mandé (Pggm)

Referencia original del nombre: Termino empleado por Álvarez (1971 a y b) para referirse a un cuerpo granitoide en la localidad de Mandé sobre el río del mismo nombre, municipio de Urrao, en el Departamento de Antioquia, en la región noroccidental de Colombia.

Afloramientos: El Batolito de Mande aflora de manera extensa en los departamentos de Antioquia y Choco; se encuentran excelentes afloramientos en el municipio de Balboa, Choco y en cercanías a la vereda El Cuchillo y Bajira en el Departamento de Antioquia.

Localidad y sección tipo: En el trabajo de Álvarez (1971 a, b), se toma como sitio de referencia para el batolito, en la región del caserío de Mandé y el río del mismo nombre donde fueron descritas y analizadas algunas muestras. Aunque no existe allí una sección completa levantada y descrita, puede tomarse como sección tipo para el batolito.

Morfología: El batolito de Mandé es un cuerpo elongado en dirección N45W que bordea hacia el oriente el valle del Río Atrato por unos 200 km, con un ancho máximo de 20 km en los departamentos de Antioquia y Chocó; se prolonga hacia el NW hasta la región de Acandí para seguir hacia Panamá, mientras que hacia el sur termina en el Departamento de Risaralda a la altura de la población de Santa Cecilia y cubre un área aproximada de 6600 km^2. El Batolito de Mandé es el cuerpo plutónico de mayores dimensiones en la Cordillera Occidental.

En las localidades de Balboa –Chocó- y alrededores, el Batolito de Mandé presenta una morfología de cerros suaves y redondeados con alturas que no exceden los 40 m, afectados por procesos erosivos (**Foto 7**), en contraste en el

sector de El Cuchillo y Bajira, Antioquia, el Batolito de Mandé se manifiesta como cerros aislados en sentido NNW – SSE con alturas que llegan hasta los 200m convirtiéndose en las únicas elevaciones considerables del sector suroccidental del área de estudio (**Foto 8**).

Foto 7. Morfología de cerros suaves y redondeados producida por el Batolito de Mandé en el sector de Balboa, Choco.

Foto 8. Morfología de cerros escarpados y alongados en sentido NNW producida por el Batolito de Mandé en el sector de El Cuchillo, Antioquia.

Descripción Litológica: El Batolito de Mandé presenta una amplia variedad litológica tanto en composición como en textura entre tonalitas y granodioritas en la facies predominante, cuarzodioritas porfídicas y pórfidos cuarzodioríticos con facies más básicas hacia los bordes, debido, probablemente a diferentes niveles de emplazamiento y a efectos dinámicos. El cuerpo es intruido por pórfidos andesíticos y dacíticos.

Las rocas reconocidas en el sector Chocoano, corresponden a rocas ígneas intrusivas félsicas de composición tonalítica, con fenocristales de plagioclasa (55%), cuarzo (15%) y cristales de hornblenda con formas tabulares (30%).
Se observan abundantes xénolitos máficos de composición basáltica donde se reconocen algunos cristales de hornblenda y piroxeno (**Foto 9**).

Foto 9. Tonalita con xénolitos máficos angulares, Batolito de Mandé, Río Tanela, municipio de Balboa, Choco.

El cuerpo es cortado por diques máficos con espesores promedio de 50 cm (**Foto 10**). Los avanzados procesos de meteorización han producido saprolitos fuertemente penetrativos combinados con procesos de caolinitización y opatización, que producen acumulaciones superficiales de óxidos de hierro que dan coloraciones rojizas características (**Foto 11**). En el sector de El Cuchillo y Bajira, en el Departamento de Antioquia, se mantiene la litología descrita anteriormente, con variaciones sectorizadas a gabros hornblendicos donde los porcentajes de hornblenda alcanzan un 80%.

Foto 10. Tonalita cortada por un dique máfico de 40 cm de espesor. Batolito de Mandé, Río Titisa.

Foto 11. Tonalita totalmente saprolitizada. Nótese las coloraciones rojizas y el carcavamiento producto de la erosión.

Edad: Se han obtenido edades isotópicas del Batolito de Mandé, en diversas facies del cuerpo, la edad más reciente es de 34 ma con K/Ar en biotita (Botero, 1975), además de una edad de 47.1 ma con K/Ar en hornblenda (Gobel y Stibane, 1979). Silittoe *et.al*. (1982) reporta edades de 43,4 ± 1 Ma y 41,9 ± 1 Ma por medio de K/Ar en hornblendas. Con estas edades se puede asumir que el emplazamiento del batolito se inicio en el Paleoceno y se extendió hasta el Eoceno temprano - medio (González, 2001).

Posición Estratigráfica: El Batolito de Mandé, está en contacto con rocas volcánicas básicas y volcanosedimentarias del Complejo Santa Cecilia – La Equis y presenta facies marginales que indican efectos de asimilación de las rocas encajantes donde los contactos corresponden a una zona de debilidad tectónica; se observan regionalmente efectos de metamorfismo dinámico, aunque es posible reconocer el contacto intrusivo entre el cuerpo granitoide y las rocas volcánicas que quedan adheridas a él (González 2001).

Correlaciones: En la literatura geológica del noroccidente colombiano posterior a 1971 no se han establecido correlaciones litológicas, en edades o por posición estructural, del Batolito de Mandé con otros cuerpos plutónicos en la Cordillera Occidental; por las características petrográficas, ocurrencia de prospectos de pórfidos cupríferos y continuidad geográfica se considera que el cuerpo del río Pito, en Panamá, es la prolongación hacia el noroeste del Batolito de Mandé.

Origen: Debido a la variedad textural y petrográfica tan amplia, las facies marginales con evidencias de asimilación de la roca encajante, los contactos discordantes con truncamientos de las estructuras regionales, se propone que el Batolito de Mande corresponde a un cuerpo plutónico emplazado en la epizona (González 2001).

De acuerdo con datos geoquímicos se observa una tendencia calcoalcalina y en este caso, el magma pudo haber sido generado en una margen activa a partir de cuñas de manto localizadas por encima de placas subducentes. Sin embargo, teniendo en cuenta su relación espacial con las rocas volcánicas básicas del Complejo Santa Cecilia – La Equis existe la posibilidad que el intrusivo tenga una génesis relacionada con la de la corteza oceánica que representan estas rocas y donde el batolito haría parte de los niveles plutónicos de la evolución de la corteza (Schmidt-Thomé *et. al.,* 1989; Salazar *et. al.,* 1991).

4.2. ROCAS SEDIMENTARIAS

4.2.1. Formación Pavo Inferior (Ngpi)

Referencia original del nombre: No existe un reporte en el léxico estratigráfico de una unidad litológica denominada Pavo. En el informe para Ingeominas, Geotec (1997, 2003) utiliza informalmente el término Unidad 5-Pavo y la divide en dos subunidades: Pavo Inferior (sub-Unidad 5a) y Pavo Superior (sub-Unidad 5b). Guzmán *et.al.* (2004) abandonan la denominación informal de unidades y emplean el término Formación Pavo. Se acoge en el presente informe la nomenclatura empleada por Guzmán *et.al.* (2004) para nombrar las unidades aflorantes en el área.

Localidad tipo: Montañas de Pavo (Guzmán *et.al.* 2004)

Sección tipo: Geotec (1997) indica que para la Formación Pavo Inferior la sección de la quebrada El Indio puede servir como sección tipo.

Afloramientos: La Formación Pavo Inferior aflora de manera extensa en la zona oeste y sur de la plancha 69 Necoclí, hacia el este y sureste, en la plancha 79 Turbo, en las transectas comprendidas entre Turbo – Vereda El Tié, Vereda El Tres – Pueblo Bello y El Dos – Manuel Cuello y Currulao – Nueva Antioquia.

Morfología: La Formación Pavo Inferior se caracteriza por generar serranías altas y escarpadas con una orientación preferencial en sentido NNW – SSE. Asociado a esta morfología escarpada se presentan zonas de derrumbe y deslizamiento.

Descripción Litológica: De acuerdo con Geotec (2003), la Formación Pavo Inferior está constituida por litoarenitas y sublitoarenitas de grano medio y fino, dispuestas en capas gruesas y muy gruesas intercaladas con capas medias de limolitas y lodolitas grises con fragmentos de plantas. La relación entre arenitas y lodolitas es de 60 a 70% de arenitas y 30 a 40% de lodolitas, aunque hacia el tope de la unidad la relación se incrementa a 50% de arenitas y 50% de lodolitas.

Geotec (2003) reconoce tres paquetes que denomina informalmente como Paquete $5a_1$, $5a_2$, $5a_3$, donde el segmento $5a_1$ está constituido por litoarenitas de grano medio con cemento calcáreo que localmente desarrollan lentes conglomeráticos e intercalaciones de lodolitas y limolitas en una relación de 70% litoarenitas, 30% lodolitas. El segmento $5a_2$ está compuesto por lodolitas y limolitas grises y negras que alcanzan un 70% del segmento, intercaladas con litoarenitas que son el 30% restante. El último segmento $5a_3$ corresponde a una interestratificación de litoarenitas de grano medio y conglomerático con lutitas.

Según lo observado en campo, la Formación Pavo Inferior consta de capas medias, gruesas e incluso muy gruesas de litoarenitas gris verdosas a gris medio, de grano medio, fino y muy fino en algunos niveles con cemento calcáreo. Las arenitas presentan granos subredondeados muy bien seleccionados de baja cohesión y alta porosidad. Se presentan interestratificadas con capas delgadas a medias de limolitas, limolitas calcáreas arenosas (**Foto 12**) y arcillolitas gris verdosas a marrones, dispuestas en capas medias, tabulares contactos netos planoparalelos, ondulados y en algunos casos erosivos.

Foto 12. Capas de la columna de la Formación Pavo Inferior, medida en el Municipio de Necoclí. Interestratificación en una sucesión rítmica de paquetes de arenitas finas (cabeza del martillo) tabulares planares planoparalelos con limolitas lodosas en una relación 70-30%.

Las arenitas forman localmente lentes de conglomerados arenosos de guijos (**Foto 13**) con esporádicos fragmentos de bivalvos. A la base de la formación se presentan lentes centimétricos de brea concordantes con la estratificación. En las capas de arcillolitas se observan restos de plantas, localmente se presentan delgadas capas de turba. Se reconocen estructuras sedimentarias tales como estratificación planar planoparalela continúa en capas gruesas a láminas gruesas, también estratificación y laminación ondulada continua (**Foto 14**) y discontinua, laminación cruzada de bajo ángulo y laminación ondulosa tipo “wavy” u ondulada, bioturbación e ichnofósiles.

Foto 13. Capas de la columna de la Formación Pavo Inferior, medida en el Municipio de Necoclí. Paquete de litoarenitas de grano fino con lentes de arenitas gruesas y gránulos.

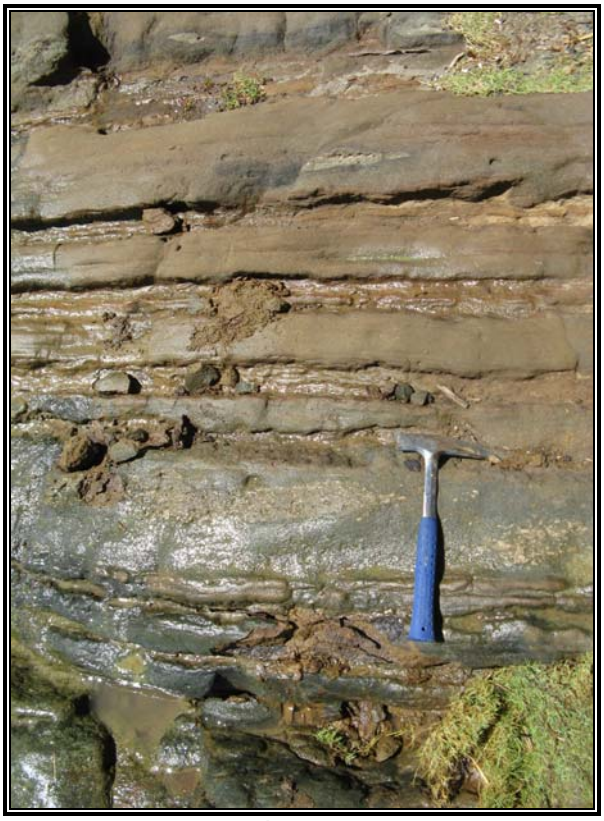


Foto 14. Capas de la columna de la Formación Pavo Inferior, medida en el Municipio de Necoclí. Paquetes de litoarenitas de grano muy fino en estratificación planar ligeramente ondulada.

Un buen ejemplo de la litología descrita se puede observar en las columnas estratigráficas de la vereda El Dos (**Figura 5**) y El Tié (**Figura 6**) , en cercanía de la ciudad de Turbo, levantadas a escala 1:50 donde se observa una secuencia granocreciente hacia el tope que inicia con litoarenitas de grano muy fino, dispuestas en capas medias, tabulares con contactos netos planoparalelos, de color gris claro, con granos subredondeados, muy bien seleccionados, la roca es muy porosa y deleznable, presenta múltiples estructuras sedimentarias como laminación cruzada de bajo ángulo, laminación planoparalela y laminación ondulosa (wavy); es común encontrar brea, en los planos de estratificación y en las diaclasas
(**Foto 15**).

Foto 15. Litoarenitas de grano fino y muy fino con lentes de brea. Nótese la laminación ondulosa discontinua. Cantera Piedrecitas. Formación Pavo Inferior.

Estas capas se encuentran intercaladas de manera rítmica y homogénea con limolitas calcáreas arenosas de color gris (**Foto 16**), dispuestas en capas medias, tabulares con contactos netos planoparalelos, partición cúbica centimétrica y concoide. En la parte superior de la columna estratigráfica de El Dos, se presentan capas delgadas y medias de microesparitas de color gris claro (**Foto 17**) además de ocasionales capas media tabulares de litoarenitas de grano medio.

Foto 16. Litoarenitas de grano fino y muy fino (la flecha naranja señala los 2 primeros paquetes de litoarenitas) intercaladas rítmicamente con limolitas calcáreas arenosas (Flechas rojas). Cantera Piedrecitas. Formación Pavo Inferior.

Foto 17. Litoarenitas de grano fino, intercaladas con capas delgadas de microesparitas y litoarenitas de grano medio. La cabeza del martillo indica la capa de microesparita. Vereda El Dos. Formación Pavo Inferior.

El tope de la Formación Pavo Inferior está representado en la columna estratigráfica de El Tié (**Figura 6**) donde se reconocen hacia la base, capas medias, tabulares compuestas por limolitas ligeramente arenosas (**Foto 18**), con microdrusas de yeso, color gris oscuro, partición concoide muy homogénea, esta capa es suprayacida por litoarenitas de grano fino color amarillo, bien seleccionada, con granos subredondeados y laminación planoparalela, le siguen litoarenitas de grano muy fino calcáreas, color gris claro, dispuestas en laminas medias, con estratificación ondulosa, el contenido calcáreo se puede relacionar con foraminíferos que ya han sido reportados en este sector.

Foto 18. Sucesión rítmica de limolitas arenosas y litoarenitas de grano muy fino y fino (la cabeza del martillo indica la base de un nivel de limolitas). La relación arenitas / limolitas se incrementa respecto a la base de la Formación. Vereda El Tié. Formación Pavo Inferior.

La sucesión estratigráfica se mantiene homogénea de acuerdo a la descripción realizada, hasta un punto donde aparece estratificación dómica o convoluta (**Foto 19**) y la composición varía de litoarenitas a sublitoarenitas inclusive cuarzoarenitas (**Figura 6**). La relación porcentual entre litoarenitas y limolitas se incrementa en el tope de la Formación.

Foto 19. Estratificación dómica o convoluta en litoarenitas de grano fino. En algunas de las láminas se presenta acumulación de brea. Vereda El Tié. Formación Pavo Inferior.

Otra sección de referencia similar se encuentra en la localidad de Necoclí, en cercanía a las playas turísticas del municipio, donde se miden 80 m de la Formación Pavo Inferior (**Figura 7**). Aunque se conserva la tendencia de set granocrecientes, se observa en esta sección un ligero aumento en el tamaño de grano, alcanzando arenitas de grano medio y grueso. Esta variación de la litología puede obedecer a una somerización de la paleocuenca hacia el norte, o la proximidad a un área de aporte.

Las columnas estratigráficas de la Formación Pavo Inferior se encuentran adjuntas en formato Corel Draw 13 **(Anexo IV)**.

Espesor: Geotec (2003) reporta para la Formación Pavo Inferior un espesor mínimo de 1600 m en la quebrada Puya, más de 550 m en la quebrada La Burra, 2000 m en la quebrada La Pita, 2550 en la quebrada El Indio, 2800 m en la quebrada Aguas Saladas y más de 2450 m en el rio Turbo, sin embargo, afirma que debido a las complicaciones tectónicas del área no se puede definir un espesor exacto y real para la Formación. En el desarrollo de este proyecto se levantaron columnas parciales de la Formación Pavo Inferior con espesores de entre 30 y 56 m (**Figuras 5, 6 y 7**). Se debe considerar que las columnas estratigráficas fueron levantadas en canteras y afloramientos de fácil acceso, cercanas a las vías, mientras que los datos reportados por Geotec son obtenidos en quebradas donde el acceso es restringido, más, la expresión y el espesor de las unidades se manifiestan de manera real.

Edad: La literatura reporta para la Formación Pavo Inferior una edad de Mioceno Inferior a Medio en la parte central y oriental del área. Mioceno Superior y posiblemente Plioceno Inferior hacia el oeste del área, basado en la siguiente fauna *Guttulina cuadriae, Globorotalia fohsi barisanensis y Siphogenerina basispinata* y nannoplankton, *Cicatricosisporites dorogensis, Multimarginites vanderhammeni y Echitricolparites spinosus.*

Posición estratigráfica: El contacto entre las Formaciones Pavo Inferior y Superior es transicional y concordante, según reporta Geotec (2003). En este mismo informe se define el contacto entre la Formación Pavo Inferior y la unidad que le infrayace como fallado. Debido a la pobre exposición de la unidad, no fue posible determinar los contactos ni a la base ni al tope de la Formación.

Correlaciones: La Formación Pavo Inferior puede ser correlacionable con las formaciones Campano y Arjona, del Cinturón del Sinú.

Ambiente de Formación: De acuerdo con Geotec (2003), la Formación Pavo, sin discriminar entre Pavo Inferior y Superior, corresponde al registro de un ambiente deltaico activo progradante, donde son notables los canales tributarios con zonas de deltas abandonados, marismas y extensas zonas cenagosas.

El ambiente de formación para la Formación Pavo Inferior, corresponde a un ambiente marino somero que varía entre “distal lower shoreface” hacia la base y “proximal lower shoreface” en el tope de la Formación. El “distal lower” corresponde a una asociación de facies de arenitas de grano fino y muy fino no amalgamadas, intercaladas con capas de limolitas y lodolitas con estratificación planoparalela y “wavy” en menor proporción, dichas facies son fácilmente identificables en el segmento representado en la columna estratigráfica de El Dos, mientras que el “proximal lower shoreface” está compuesto por arenitas de grano fino amalgamadas que presentan estratificación “humocky y flasser” además de “riples”, “wavy” y estratificación convoluta, dicha asociación de facies se presenta en la columna de El Tié y que corresponde al segmento superior de la Formación.

La presencia de canales fluviales tributarios que harían parte del prodelta no fueron encontrados en el registro litológico, además el alto contenido calcáreo registrado en la columna de El Tié y que podrían corresponder a foraminíferos planctónicos y bentónicos, permite suponer un ambiente marino somero con bajo o nulo aporte terrígeno continental, que permite el libre desarrollo de la fauna que no sería posible en un ambiente deltaico con abundantes canales tributarios como lo propone Geotec (2003).

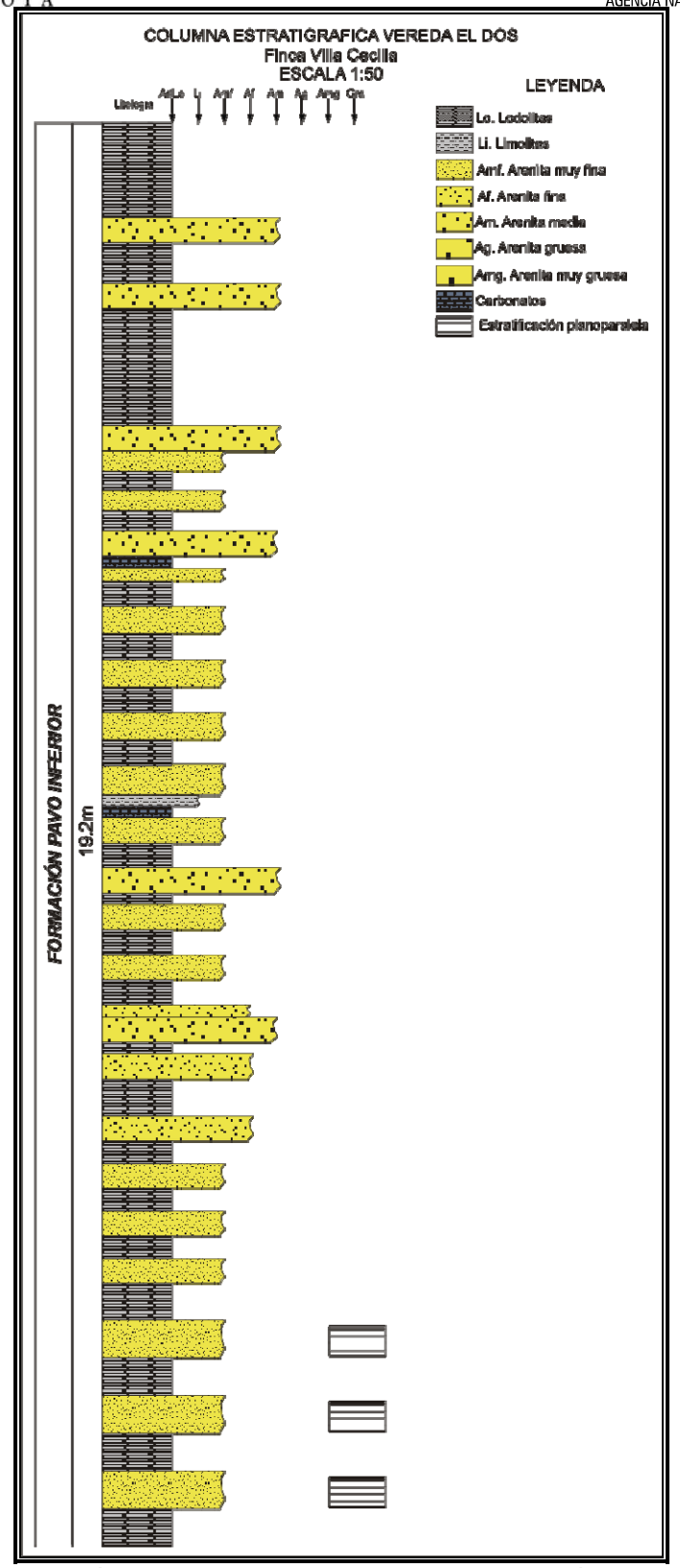


Figura 5. Columna estratigráfica escala 1:50 de la base de la Formación Pavo Inferior, en la Vereda El Dos. Archivo original Anexo IV.

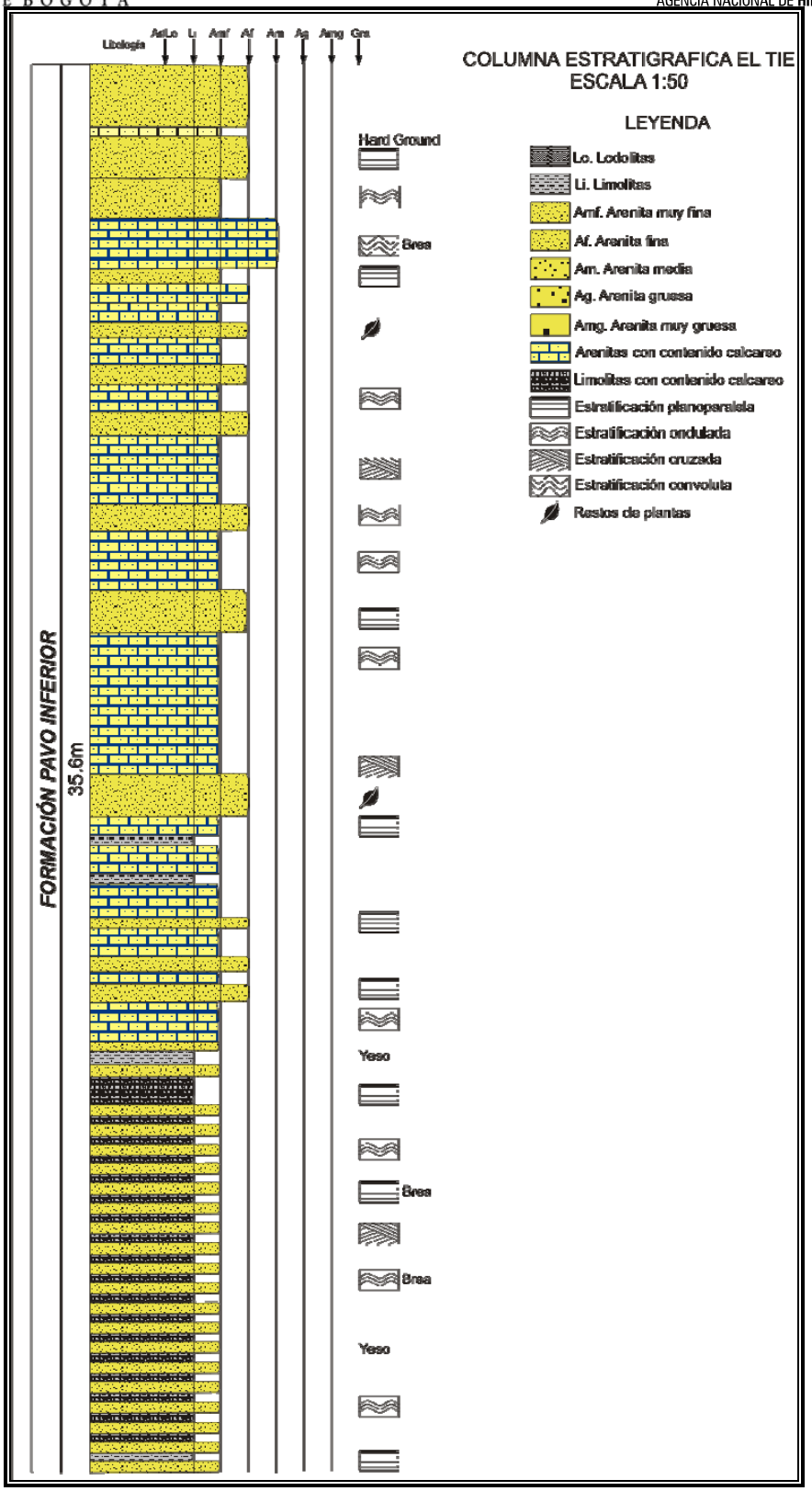
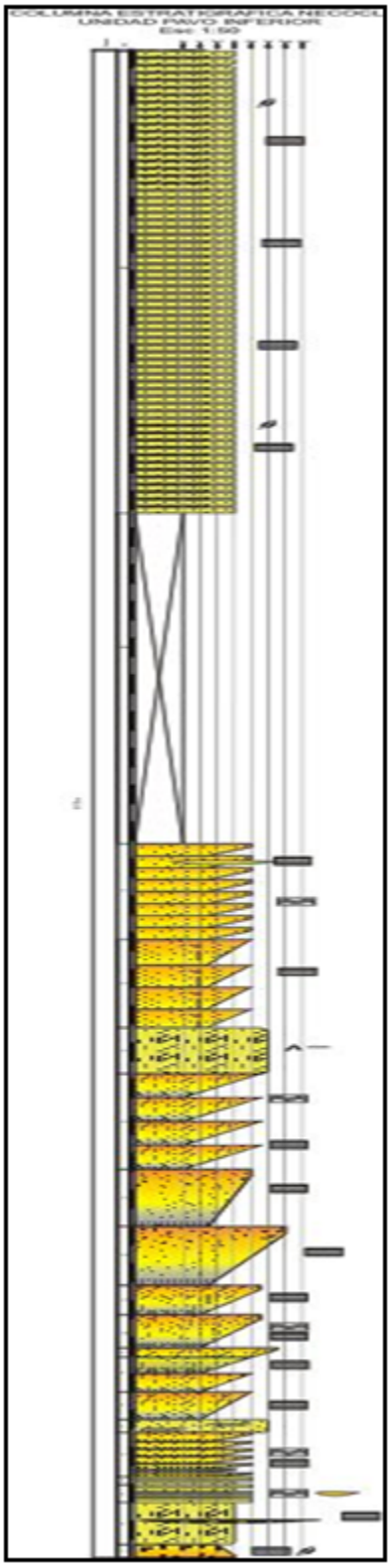


Figura 6. Columna estratigráfica escala 1:50 del tope de la Formación Pavo Inferior, en la Vereda Tié. Archivo original Anexo IV.



COLUMNA ESTRATIGRAFICA UNIDAD PAVO INFERIOR
(Ngpi)

LEYENDA

- Lo. Lodolitas
- Li. Limolitas
- Amf. Arenita muy fina
- Af. Arenita fina
- Am. Arenita media
- Ag. Arenita gruesa
- Amg. Arenita muy gruesa
- Granocrecimiento
- Granodecrecimiento
- Carbonatos
- Lente de arena
- Conglomerado
- Estratificación planar planoparalela
- Estratificación cruzada
- Estratificación ondulada
- Estratificación cruzada
- Contacto discordante
- Restos de plantas
- Foraminíferos
- Icnofósiles
- Nivel de suelo actual
- Brea

Figura 7. Columna esquemática escala 1:50 de la parte media de la Formación Pavo Inferior. Municipio de Necoclí, estación VZ-049. Archivo original Anexo IV.

4.2.2. Formación Pavo Superior (Ngps)

Referencia original del nombre: Como se menciona en la descripción de la Formación Pavo Inferior (Ngpi), no existe un reporte en el léxico estratigráfico de una unidad litológica denominada Pavo. La denominación de Pavo Superior se toma de la división realizada por Geotec (2003) en dos subunidades: Pavo Inferior (sub-Unidad 5a) y Pavo Superior (sub-Unidad 5b). Guzmán *et.al.* (2004) abandonan la denominación informal de unidades y emplean el término Formación Pavo. Se acoge en el presente informe la nomenclatura empleada por Guzmán *et.al.* (2004) para nombrar las unidades aflorantes en el área.

Localidad tipo: Montañas de Pavo (Guzmán *et.al.* 2004)

Sección tipo: Geotec (1997) indica que para la Formación Pavo Superior puede servir la sección de la carretera San Pedro de Urabá–San José de Mulatos, este sector se ubica en la plancha geológica número 70.

Afloramientos: La Formación Pavo Superior aflora de manera extensa en el sector oriental del área de estudio, en la plancha 79 Turbo, excelentes afloramientos de esta unidad se pueden encontrar en la transecta Río Grande – El Gas y en el sector de Pueblo Bello – Alto de Mulatos.

Morfología: Esta Formación posee una respuesta morfológica típica, que conforma colinas redondeadas con pendientes que no superan los 30 grados de inclinación, y que por la litología son muy susceptibles a deslizamientos (**Foto 20**).

Foto 20. Uno de los pequeños y habituales derrumbes de la Formación Pavo Superior. Se aprovecho para levantar una columna estratigráfica. Vía que de la vereda El Bobal conduce a la vereda Carito.

Descripción Litológica: La Formación Pavo Superior está compuesta principalmente por lodolitas y limolitas varicoloreadas con algunos niveles arenosos, especialmente hacia la base (Geotec, 2003). Las limolitas presentan yeso y jarosita en los planos de diaclasas o en algunos planos de estratificación. Geotec (2003) reporta además, lentejones métricos de carbón y superficies de "hard ground" en los contactos con las arenitas. Las arenitas son de grano fino de composición esencialmente cuarzosa con granos subangulares, buena selección y baja porosidad y permeabilidad. Localmente se encuentran restos de plantas y bioclastos de ostreas, junto con ichnofósiles verticales, horizontales y tubiformes.

En el área de trabajo de campo la litología corresponde, esencialmente a limolitas ligeramente arcillosas y lodolitas, con tonos que varían entre gris claro, oscuro y ocre rojizo, dispuestas en niveles que varían de láminas gruesas a capas muy delgadas, delgadas y medias, tabulares, con estratificación planoparalela continua y discontinua (**Foto 21**).

Foto 21. Formación Pavo Superior. Capas medias a gruesas de arenitas muy finas y finas tabulares planares y ligeramente onduladas (Flecha negra) con niveles de capas finas a medias de limolitas lodosas (Flecha naranja). Afloramiento por el carreteable vereda El Bobal - vereda Carito

Interestratificada con esta litología se encuentran sublitoarenitas de grano fino y medio, con granos subangulares bien seleccionados (**Foto 22**). Las sublitoarenitas están dispuestas en capas medias, tabulares, homogéneas, presentan abundantes fragmentos de plantas, esencialmente fragmentos de tallos centimétricos, además se encuentran evidencias de bioturbación, los contactos son de tipo erosivo entre las litoarenitas y las limolitas (**Foto 23**).

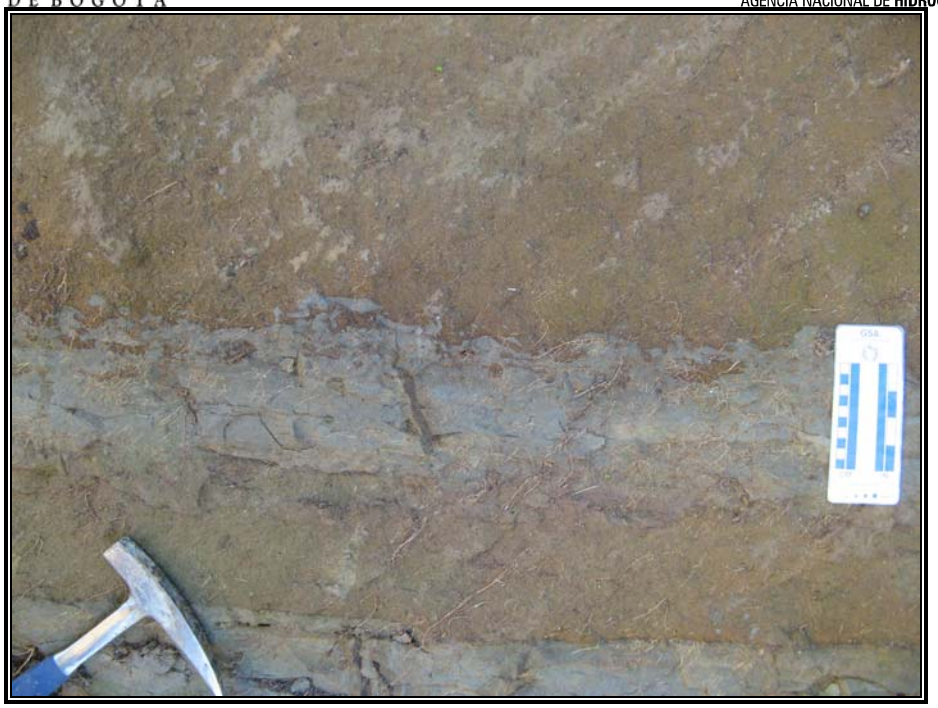


Foto 22. Paquetes de limolitas lodosas grises interestratificados con una capa media y otra gruesa de litoarenitas marrones ligeramente calcáreas. Obsérvese la estratificación suavemente ondulada en los limos de la capa inferior y el contacto erosivo existente entre la capa de limolitas lodosas y las arenas finas al tope.

Foto 23. Detalle del contacto erosivo entre las litoarenitas y las limolitas. Tanto las limolitas como las arenitas son ligeramente lodosas.

En otras localidades, se observa estratificación lenticular (**Foto 24**); lentes delgados y muy delgados de arenitas de grano fino dentro de las limolitas, además de parasecuencias, que inician con limolitas calcáreas negras, intercaladas rítmicamente con litoarenitas de grano muy fino dispuestas en capas delgadas con estratificación ondulosa y "hummocky". Es común encontrar láminas y lentes de brea, concordantes con la estratificación.

Foto 24. Estratificación lenticular del segmento basal y medio de la unidad; los lentes están compuestos por arenitas amarillas de grano fino. Vereda Los Mandarinos. Formación Pavo Superior.

En la zona de estudio, esta litología fue observada a detalle en el sector de El Gas, donde se levanto una columna estratigráfica de 160 m a escala 1:200 (**Figura 8**), donde se describe una secuencia granocreciente, esencialmente limolítica que hacia el tope grada de manera homogénea a litoarenitas de grano medio. La secuencia inicia con capas medias, tabulares, de litoarenitas de grano medio, ligeramente conglomeráticas, con cemento calcáreo, estas capas son suprayacidas por conglomerados de guijos medios y gruesos, matriz soportados que gradan paulatinamente a litoarenitas de grano grueso pobremente seleccionadas con granos subangulares; esta litología clástica gruesa es suprayacida por limolitas calcáreas dispuestas en capas delgadas con estratificación planoparalela discontinua, ligeramente plegadas, muy meteorizadas, además presentan procesos de edafización y espejos de falla, intercaladas rítmicamente con litoarenitas de grano grueso y medio, armazón soportadas con cemento calcáreo tipo espar (**Figura 8**).

La parte media de la sección está compuesta por limolitas arcillosas de color negro y ocre, dispuestas en capas delgadas, planoparalelas con contactos netos, microbioturbadas y con avanzados procesos de pedogénesis (**Foto 25**).

Foto 25. Limolitas arcillosas dispuestas en capas delgadas en la parte media de la columna, nótese el pliegue apretado anticlinal. Columna estratigráfica de El Gas. Formación Pavo Superior.

Ocasionalmente se presentan capas medias, tabulares, planoparalelas, compuestas por litoarenitas de grano medio grueso clastosoportadas, compuestas por fragmentos líticos negros y verdes (65%) y cuarzo (35%); como minerales accesorios se presenta glauconita (**Figura 8**), la relación entre limolitas arcillosas y litoarenitas para este segmento es de 80% - 20%. En el tope de la sección se presenta un incremento en la relación litoarenitas de grano medio – limolitas que alcanza un 60% - 40%. Las litoarenitas están dispuestas en capas medias, tabulares (**Foto 26**), poseen fragmentos líticos negros y verdes (70%) cuarzo (25%) y óxidos de hierro, los granos son moderadamente seleccionados y subredondeados; presentan cemento silíceo. Se reconocen estructuras centimétricas de bioturbación sobre los planos estratigráficos (**Foto 27**).

Otra sección de referencia similar a la descrita en detalle, se encuentra en la vía que de la vereda El Bobal conduce a la vereda de Carito donde la composición, el tamaño de grano y la disposición de las capas se mantiene (**Figura 9**).

Las columnas estratigráficas de la Formación Pavo Superior se encuentran adjuntas en formato Corel Draw 13 **(Anexo IV)**.

Foto 26. Litoarenitas de grano medio del segmento superior de la Columna Estratigráfica de la vereda El Gas, intercaladas rítmicamente con limolitas arcillosas. Formación Pavo Superior.

Foto 27. Ichnofosiles *Thallasinoides* sobre el plano de estratificación de las litoarenitas de grano medio al tope de la columna estratigráfica de la vereda El Gas.

Espesor: Geotec (1997) estima que la Formación Pavo Superior puede alcanzar un espesor de más de 500 m en la quebrada Puya, 600 m en la quebrada Mocholo, 1800 m en la quebrada La Burra, 1200 m en la quebrada La Pita, más de 700 m en la quebrada El Indio y de 1.500 m en la quebrada Tambores.

Edad: Con base en estudios micropaleontológicos de foraminíferos y palinología Geotec (2003) define una edad para la Formación Pavo que va desde el Mioceno Inferior – medio hasta el Mioceno superior inclusive Plioceno inferior, donde reportan *Globorotalia margaritae, Cicatricosisporites dorogensis, Multimergintes vanderhammeni y Echitricolporites spinosus.*

Posición estratigráfica: El contacto entre las Formaciones Pavo Inferior y Superior es transicional y concordante, según reporta Geotec (2003). Debido a la pobre exposición de la unidad, no fue posible determinar los contactos ni a la base ni al tope de la unidad.

Correlaciones: La Formación Pavo Superior puede ser correlacionable con las formaciones Floresanto, Pajuil, Morrocoy–El Pantano y Moñitos del Cinturón del Sinú y probablemente con las Formaciones Hibácharo, San Onofre, Mucacal, Rancho y Porquera del Cinturón de San Jacinto.

Ambiente de Formación: De acuerdo con Geotec (2003), la Formación Pavo, sin discriminar entre Pavo Inferior y Superior, corresponde al registro de un ambiente deltaico activo progradante, donde son notables los canales tributarios con zonas de deltas abandonados, marismas y extensas zonas cenagosas. Sin embargo, las comisiones de campo de este proyecto permitieron realizar observaciones litoestratigráficas que sugieren otros tipos de ambientes de depositación.

La interpretación de los gruesos paquetes de limolitas que predominan en las secciones observadas, podrían corresponder a ambientes marinos de “offshore” donde existe un claro predominio de limolitas con ocasionales capas interestratificadas de arenitas de grano fino excepcionalmente medio. Además se puede observar una somerización paulatina que se manifiesta en el incremento de litoarenitas de grano medio respecto a las limolitas hacia el tope de la sección levantada, lo que hace suponer un ambiente que varía de “distal lower shoreface” a “proximal lower shoreface” en el sentido de Hampson & Storms (2003).

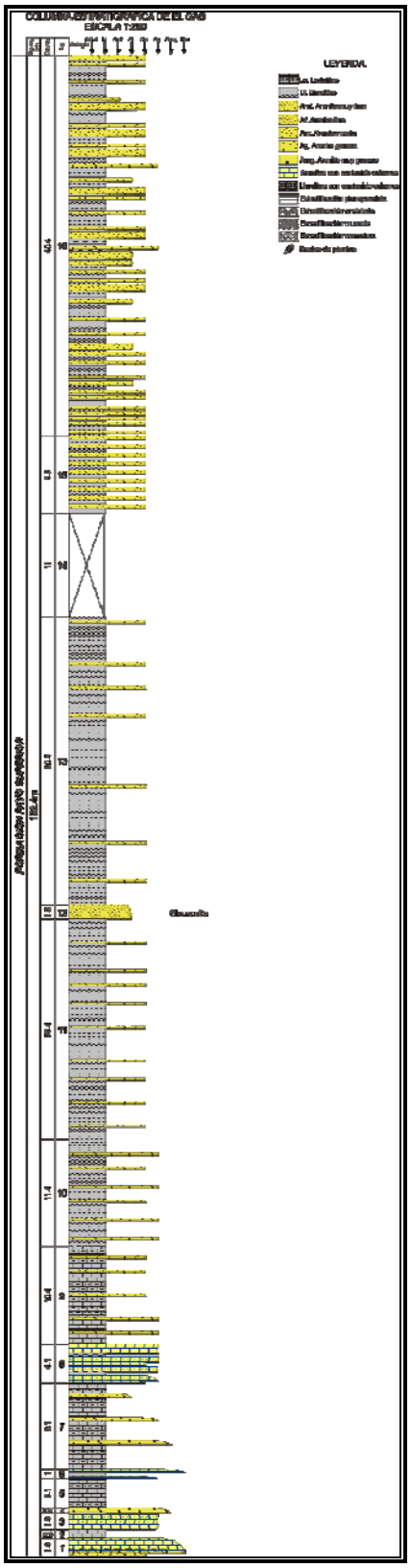


Figura 8. Columna estratigráfica de la Formación Pavo Superior, vereda El Gas a escala 1:200. Para obtener una mejor visualización de la columna. Archivo original Anexo IV.

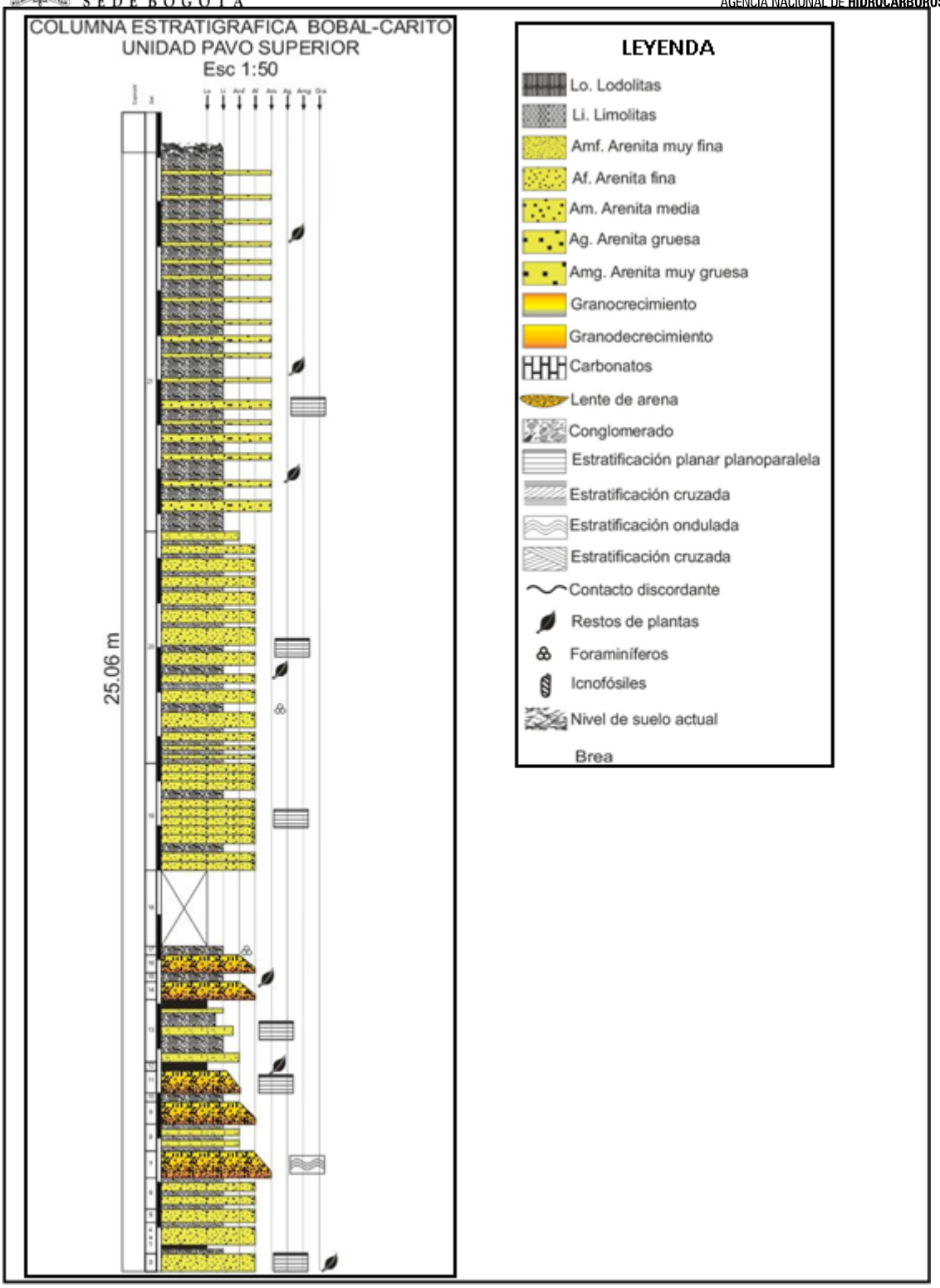


Figura 9. Columna esquemática de la parte media de la Formación Pavo Superior. Vía Bobal-Carito. Estación VZ-021. Aunque la secuencia es de grano muy fino, con niveles de limolitas y lodolitas, se observa un obvio grano-decrecimiento al tope, donde el material fino incrementa su porcentaje. Archivo original Anexo IV.

4.2.3. Formación Floresanto (Ngf)

Referencia original del nombre: según Oppenheim (1957) el nombre fue propuesto originalmente por geólogos de la compañía Sinú Oil Company. Esta unidad aparece referenciada en el léxico estratigráfico de Porta (1974). Geotec (2003) se refiere a este término informalmente como sub-Unidad 7a-Floresanto.

Localidad Tipo: Población de Floresanto, Plancha 70 San Pedro de Urabá.

Sección Tipo: No se reporta sección tipo para esta formación.

Afloramientos: Geotec (2003) reporta que en la plancha 60, en el sinclinal de La Lucha, aparece una buena exposición de la Formación Floresanto. En el desarrollo de este proyecto no fue posible llegar hasta este sector, debido a la falta de vías de acceso vehicular sumado a los problemas de orden público existentes hacia el oriente del Municipio de Apartado y de la Vereda El Gas, sin embargo, se pueden apreciar afloramientos aislados de esta formación por la vía que del Municipio de San Pedro de Urabá conduce a Valencia.

Descripción Litológica: Geotec (2003) reporta que la Formación Floresanto está compuesta por una secuencia homogénea de lutitas, dispuestas en capas delgadas a muy gruesas, en sectores finamente laminadas; poseen colores pardos amarillentos y rojizos por meteorización. Presentan concreciones calcáreas y restos de plantas en las superficies de estratificación. Interestratificado con las lutitas, se presentan capas delgadas a muy gruesas de limolitas ligeramente calcáreas y litoarenitas de grano fino a medio muy friables, con granos angulares a redondeados, bien seleccionados compuestos esencialmente por cuarzo, fragmentos líticos volcánicos, chert negro y cristales de plagioclasa. La relación litológica promedio para la Formación Floresanto corresponde a un 50 – 65% de lutitas, entre 30 – 40% de litoarenitas y entre 10 – 15% de limolitas.

Espesor: Geotec (2003) indica que en el sector La Lucha–San Felipe la unidad puede alcanzar 1200 m y en la transecta Floresanto–Loma Verde–Arenas Monas puede alcanzar 1680 m.

Edad: Con base en estudios micropaleontológicos de foraminíferos Geotec (2003) define una edad para la Formación Floresanto que va desde el Mioceno medio a superior, con una asociación de *Cibicidoides floridanus, Uniugerina peregrina, Globigerina venerzuela, Gyroidina soladanii, Melonis baileranus, Melonis pompiloides* y *Uvigerina rustica.*

Posición Estratigráfica: El contacto inferior de la Formación Floresanto no fue observado; Geotec (2003) con base en información litológica de pozo No. 10 en el campo Floresanto plantea que el contacto es disconforme; para el contacto hacia el tope con la Formación Pajuil, Geotec (2003) propone un contacto concordante.

Según Oppenheim (1957) los contactos a base y tope de la formación son discordantes.

Correlaciones: Londoño & González (1997) correlacionan la Formación Floresanto con la Formación Uva de la Cuenca del Chocó y la Formación Napipí de la Cuenca de Urabá. Probablemente se correlaciona con las formaciones Porquera, Rancho y Mandatú del Cinturón de San Jacinto.

Ambiente de Formación: Geotec (2003) interpreta un ambiente de depósito marino somero con profundidades batiales superiores a neríticas e indicativas de un depósito en zonas de plataforma altamente subsidentes, que recibían constantemente aportes de un continente próximo, donde se desarrollan manglares extensos. Esta interpretación es sustentada en la facies siliciclástica predominantemente fina, de una considerable extensión que no evidencia variaciones sustanciales, con un notorio contenido de restos vegetales, escasos bivalvos y foraminíferos.

4.2.4. Formación Paujil (Ngpa)

Referencia origen del nombre: En el léxico estratigráfico de Porta (1974) se indica que el término Formación Paujil es propuesto por geólogos de la *Sinú Oil Company*, según la referencia de Oppenheim (1956, 1957, *op. cit*). Posteriormente la formación es denominada Pajuil en diferentes informes, p.ej. Guzmán *et.al.* (2004). Geotec (1997) utiliza informalmente el término unidad Pajuil dividiéndola en las subunidades Pajuil Inferior y Pajuil Superior.

Localidad tipo: En el léxico estratigráfico de Porta (1974) se indica que esta formación está bien expuesta en la Serranía de Las Palomas.

Sección tipo: No posee sección tipo según reporta el léxico estratigráfico (Porta, 1974). Geotec (1997) indica que en la quebrada Jaraguay se encuentran buenos afloramientos, que se podrían proponer como sección tipo.

Afloramientos: En la zona de estudio la Formación Paujil aflora en la serranía de Abibe, al suroriente del municipio de San Pedro de Urabá. En el área de las planchas 59 Mulatos y 69 Necoclí aflora de manera restringida, hacia las costas del municipio de San Juan de Urabá, llamadas de norte a sur, Mundito, Cabañas y La Marina, a las que se llega atravesando extensos cultivos de plátano, donde se pueden apreciar afloramientos de hasta 6 m de espesor que exponen la unidad dispuesta en capas que buzan en dirección SW con ángulos superiores a 50°. Se encuentran cubiertos discordantemente por depósitos cuaternarios (**Foto 28**).

Esta Formación cubre en general áreas de las planchas 80 Tierralta, 70 San Pedro de Urabá, 69 Necoclí, 60 Canalete y 59 Mulatos.

Foto 28. Depósitos cuaternarios fértiles que en la zona se emplean para el cultivo de banano. Yacen de forma discordante (línea punteada) sobre las capas de la Formación Pajuil, que buzan en este punto en dirección. SE con ángulos superiores a 50°. Corresponden a la Estación VZ-004.

Morfología: La expresión morfológica de la Formación Paujil es la de serranías escarpadas, con altitudes de hasta 500 m, como la de Abibe, localizada al oriente y suroriente del municipio de San Pedro de Urabá.

Litología: Según Oppenheim (1957, en Porta (1974)) la Formación Paujil está formada por shales de color gris-azuloso interestratificadas con areniscas y shales arenosos; son frecuentes en la sucesión estratigráfica los niveles de calizas y concreciones. Según Guzmán *et.al..* (2004), el miembro inferior de la Formación Paujil está compuesta por arenitas calcáreas color oliva grisáceo intercaladas con lutitas y limolitas grises, con restos vegetales, en tanto que el miembro superior está integrado por una secuencia donde predominan las lutitas, con presencia ocasional de arenitas, posee fragmentos de bivalvos y restos de plantas.

En la serranía de Abibe, al suroriente de San Pedro de Urabá, la Formación Paujil está conformada por una secuencia de arcillolitas y arcillolitas limosas, negras y grises, en capas delgadas a muy gruesas, interestratificadas con arenitas de grano medio a fino, subredondeadas, con cemento calcáreo, dispuestas en capas finas a muy gruesas, con estratificación planoparalela (**Foto 29 y 30)**.

En el sector de las playas de San Juan de Urabá, la Formación Paujil está compuesta por limolitas y arenitas de grano muy fino con estratificación planar

planoparalela continua en capas delgadas a gruesas de color gris ratón, gris claro, amarillo café y rojizo, con evidencia de bioturbación (**Foto 31**).

Foto 29. Afloramiento de arenitas calcáreas con intercalaciones de lutitas de la Formación Paujil, sobre la vía San Pedro de Urabá – Corregimiento de Villanueva.

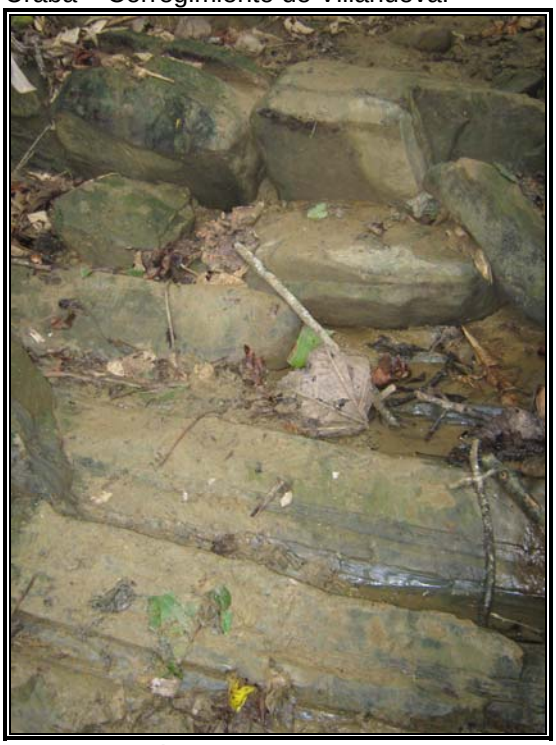


Foto 30. Afloramiento de arenitas calcáreas con intercalaciones de lutitas de la Formación Paujil, en la vereda El Ají.

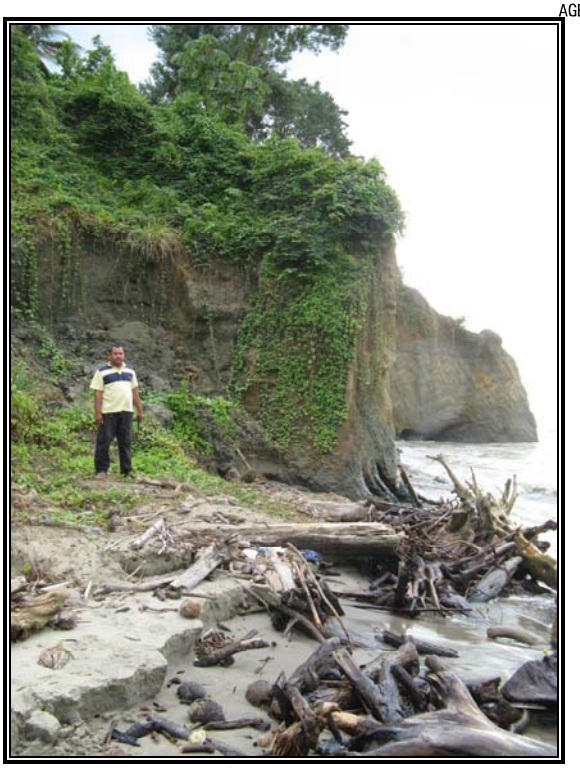


Foto 31. Fotografía al tope de la Formación Paujil. Aflora formando acantilados de hasta 6 m contra la costa de La Cabaña, al oeste de San Juan de Urabá. Se compone por intercalaciones de limolitas grises azulosas y amarillo-naranja, con niveles supeditados de arenitas. Es cortado en un contacto discordante angular al tope por depósitos aluviocoluviales cuaternarios.

Espesor: Según Geotec (1997) la Formación Paujil puede alcanzar más de 2000 m de espesor en sectores como Floresanto-Loma Verde.

Edad: De acuerdo con Geotec (2003) se le asignó a la Formación Paujil Inferior una edad del Mioceno Medio y a la Formación Paujil Superior una edad Mioceno Superior a partir de dataciones con foraminíferos. Las especies reportadas corresponden a: *Orbulina universa, Globigerinoides trilobus, Guttulina caudriae, Globorotalia menardii y Bolivina sp.*

Posición estratigráfica: Oppenheim (1956, en Porta (1974)) indica que la Formación Paujil descansa discordante sobre la Formación Floresanto e infrayace concordante bajo la Formación Jaraguay. La Formación Jaraguay que referencia Oppenheim, corresponde a lo que Geotec (1997) denomina Formación Corpa, en el sinclinal de Jaraguay, al oriente del municipio de San Pedro de Urabá.

Guzmán et. al (2004) por el contrario señala que el contacto con la infrayacente Formación Floresanto es concordante. Geotec (2003) señala que aunque el contacto superior no se observó en campo, por fotogeología se infiere que en la región de Morrocoy y en las Lomas del Tigre el contacto es disconforme con la suprayaciente Formación Morrocoy–El Pantano.

Correlaciones: Según Guzmán et. al (2004) la Formación Paujil se correlaciona con la Formación Moñitos y la Formación Paujil Inferior de Geotec (1997) se correlaciona con la Formación Floresanto.

Ambiente de formación: Geotec (2003) plantea un ambiente marino de profundidades batiales superiores a las neríticas, en una zona de plataforma para la Formación Paujil.

4.2.5. Formación Morrocoy – El Pantano (Ngmp)

Referencia original del nombre: En el léxico estratigráfico (Porta 1974) no aparece reportada ninguna unidad litoestratigráfica con este nombre. La denominación Unidad Morrocoy es un término informal propuesto por Geotec (1997), que es citado como Formación Morrocoy en el trabajo de Guzmán *et.al.* (2004).

Localidad tipo: Quebrada Morrocoy.

Sección tipo: En su informe para Ingeominas, Geotec (1997) reporta que la quebrada Morrocoy puede servir como sección tipo.

Afloramientos: Del total del área de trabajo, solo se reporta esta Formación en la plancha 59 Mulatos, de manera restringida y aislada, formando colinas de bajo ángulo que buzan suavemente en dirección NW y que poseen un color marrón claro.

Descripción Litológica: En su formulamiento estratigráfico Geotec (1997) divide a la Formación Morrocoy en cuatro subunidades; “a”, “b”, “c”, “d”. La subunidad “a” está constituida hacia la base por capas gruesas a muy gruesas de litoarenitas friables y localmente calcáreas que gradan a limolitas, lodolitas y arcillolitas en láminas gruesas y capas delgadas a medias. En las arenitas se presentan fósiles bien conservados de bivalvos, gasterópodos, ostrácodos, corales y vértebras de peces. Se indica que en algunos afloramientos, se presentan capas o secuencias granodecrecientes con conglomerados fosilíferos hacia la base. En los sedimentos finos se presentan abundantes hojas y troncos bien conservados. Las arenitas de la parte inferior presentan estratificación cruzada en artesa, estratificación ondulosa lenticular y marcas de corrientes. La subunidad “b” consta de capas delgadas a muy gruesas de litoarenitas con estratificación gradada normal y estratificación cruzada en artesa, que se intercalan o gradan a lutitas gris marrón o gris oscuro, con restos de plantas. En sectores, se reportan niveles con conchas de moluscos y gasterópodos, algunas veces retrabajados. En las arenitas se reporta bioturbación tipo *skolitos* y restos de plantas. La subunidad “c” consta de capas gruesas a muy gruesas de conglomerados arenosos bioclásticos que varían lateral y verticalmente a capas medias hasta muy gruesas de litoarenitas que a su

vez se interestratifican con capas delgadas a muy gruesas de limolitas fosilíferas verde oliva a gris amarillento y lutitas gris oscuras a amarillentas. Los conglomerados constan de conchas fragmentadas de gasterópodos, lamelibranquios, ostrácodos y vértebras de peces, guijos de limolitas calcáreas, chert negro, cuarzo, porcelanitas y lutitas. En las lutitas se encuentran remanentes de plantas. Se reporta estratificación gradada inversa, en menor proporción gradada normal, superficies de erosión, acanalamiento y relleno principalmente.
La subunidad "d" consta de una intercalación de capas delgadas a gruesas de lutitas gris amarillentas a marrón rojizas y capas delgadas a medias de litoarenitas de color gris amarillento a amarillo claro, en las que localmente se presentan moluscos bien conservados.

Por la descripción litológica que aparece en la bibliografía, y teniendo en cuenta la litología reportada en campo, se deduce que en el área de la plancha 59 Mulatos donde aflora la Formación Morrocoy, se encuentra el tope de la unidad. En el área se observan limolitas y lodolitas, de color beige-café, con niveles supeditados de arenitas de grano muy fino, dispuestas en capas gruesas a muy gruesas de 90 cm a 1,2 m, planoparalelas, tabulares (**Foto 32**), con respuesta incipiente al ataque con HCl. Se observan restos fósiles de plantas o algas (Alimedas?) junto con pequeños fragmentos de conchas y valvas, además de foraminíferos.

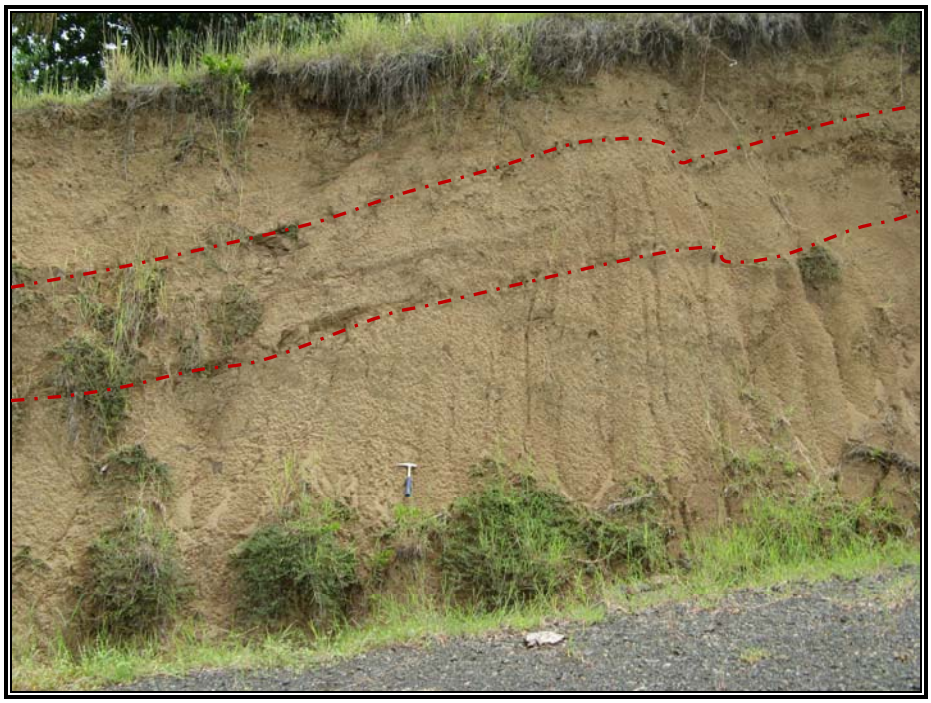


Foto 32. Formación Morrocoy, en la vía que del municipio de Zapata conduce a la Cantera de Piedras Negras. Afloramiento de 3,5 m de altura por 50 m de ancho que expone 3 niveles (líneas punteadas) claramente distinguibles de limolitas beige-cafés con niveles supeditados de arenitas de grano muy fino, en capas gruesas a muy gruesas de 90 cm a 1,2 m planoparalelas, tabulares. Se observan restos fósiles de plantas junto con pequeños fragmentos de conchas, valvas, y foraminíferos.

Espesor: Geotec (1997) reporta espesores de hasta 1140 m en la quebrada Morrocoy, 2600 m en el sinclinal El Pantano, y 700 m en la cuchilla El Limón

Edad: La Formación Morrocoy se ubica en el rango del Mioceno Superior-Plioceno Inferior, con base en la siguiente fauna (Geotec, 1997), *Globigerinoides trilobus, Hanzawaia cf. californica, Orbulina universa, Nonion sp., Ammonia beccarii, Norcionina basispinata, Bulimina mexicana y Globigerina praebulloides*

Posición estratigráfica: De acuerdo con Geotec (1997) las características litológicas y fotogeológicas sugieren que los contactos superior e inferior de la Formación Morrocoy–El Pantano, son inconformes.

Correlaciones: Geotec (1997) indica que por el carácter litológico de la Formación Morrocoy-El Pantano no existe en la literatura una unidad litoestratigráfica que se le correlacione. En la región de Urabá se menciona la Formación Corpa en el mismo intervalo cronoestratigráfico, pero sus características son bastante diferentes a ésta.

Ambiente de Depositación: El informe de Geotec (1997) estima que estas secuencia de facies mixtas, siliciclástica y bioclástica, fue depositada inicialmente en un ambiente marino de poca profundidad, de baja energía, con condiciones favorables de vida, con periódicos retrocesos del mar formando zonas cenagosas o de "lagoon" donde progresivamente se instalaron canales fluviales, incrementándose la energía del medio.

4.2.6. Formación Arenas Monas (Ngam)

Referencia original del nombre: No hay referencia de esta unidad en el Léxico Estratigráfico (Porta 1974). El término Arenas Monas es utilizado de manera informal por Geotec (1997).

Localidad tipo: Como localidad tipo se indica la población de Arenas Monas (Guzmán *et.al.* 2004)

Sección tipo: Geotec (1997) no reporta sección tipo para esta unidad, debido a que los afloramientos se encuentran discontinuos y esparcidos.

Afloramientos: La Formación Arenas Monas aflora cerca de la vía que de Zapata conduce a San Juan; en los cortes de las vías que de San Pedro de Urabá conducen a Pueblo Bello, a Arboletes y a las veredas El Ají y Cacahual, atravesando terrenos colinados y montañosos de altura moderada. En general, se presenta en las planchas 59 Mulatos, 69 Necoclí, 70 San Pedro de Urabá y 80 Tierralta.

Morfología: Esta Formación genera colinas y montañas de altura moderada a baja, con cotas de hasta de unos 300 m.

Descripción litológica: Según Geotec (1997, 2003) la Formación Arenas Monas presenta secuencias rítmicas granodecrecientes, que incluyen hacia la base conglomerados arenosos de guijos que varían a arenitas conglomeráticas, arenitas grises y lutitas gris verdosas al techo. La secuencia está compuesta en un 80% por arenitas, 15% por lutitas y 5% por conglomerados.

De acuerdo con las descripciones de campo, la Formación Arenas Monas está constituida de base a tope por limolitas arcillosas de color gris claro, que gradan a arenitas de grano muy fino dispuestas en capas medias a gruesas que son suprayacidas por litoarenitas de grano fino que gradan a conglomerados de guijos finos y medios. Se reconocen fragmentos líticos de color negro que corresponden a basaltos con formas tabulares y hexagonales, granos de cuarzo hialino y lechoso y una matriz limosa de color ocre pálido. Los granos son angulares y pobremente seleccionados. La sección está compuesta por un 65% de litoarenitas, 20% de conglomerados y 15% de limolitas.
Al sur de San Pedro de Urabá, sobre las vías que conducen a las veredas El Ají y Cacahual, se encuentran afloramientos de conglomerados arenosos, sublitoarenitas conglomeráticas, con gránulos, guijos y guijarros de cuarzo, chert y líticos negros, dispuestos en capas gruesas a muy gruesas, masivas y con estratificación cruzada; además se presentan interestratificaciones de sublitoarenitas de grano fino y arcillolitas limosas, con coloraciones grises con vetas rojas, en capas gruesas a muy gruesas **(Fotos 33 y 34).**

Foto 33. Afloramiento de conglomerados arenosos de la Formación Arenas Monas, sobre la vía San Pedro de Urabá – caserío San Vicente de Congo.

Foto 34. Estratificación cruzada en arenitas de la Formación Arenas Monas. Carretera San Pedro de Urabá – Vereda El Ají. Estación FG-082.

En el sector norte del área de estudio en cercanías a Necoclí, la Formación Arenas Monas se observa en afloramientos de poco espesor en los que se presentan capas gruesas compuestas por arenitas muy finas y limolitas de color amarillo (**Foto 35**). Las capas, suelen ser masivas, sin estructura de estratificación interna. Se intercalan con limolitas grises moteadas de rojo y amarillo. Las litoarenitas de grano muy fino están compuestas por cuarzo (80%) y líticos ígneos (20%). Las capas suelen encontrarse bioturbadas, con presencia de pedotúbulos y óxidos (**Foto 36)**, también se presentan carbonatos.

Foto 35. Formación Arenas Monas, capas muy gruesas tabulares con estratificación cruzada compuestas por litoarenitas de grano muy fino y limolitas. Vía a la vereda Carivia. Estación VZ-046.

Foto 36. Detalle de bioturbación, se observan ichnofósiles (flecha negra) centimétricos, dispuestos de manera horizontal y vertical. Estación VZ-046.

Espesor: Geotec (2003) estima que el espesor de la Formación alcanza 900 m en la población de Arenas Monas y 1300 m en la quebrada Arenosa.

Edad: Geotec (2003) reporta microfauna de *Uvigerina isidroensis, Buliminella sp, Bullimina aff. mexicana, Uvigerina cf. Peregrina, Bulliminella curta y Globigerinoides trilobu,* con base en la cual estima para la Formación Arenas Monas, una edad que abarca desde el Mioceno tardío al Plioceno temprano.

Posición estratigráfica: Geotec (2003) reporta que los contactos de la Formación Arenas Monas no se observan directamente en campo. Al parecer el contacto inferior de esta Formación es disconforme sobre la Formación Morrocoy–El Pantano en Santiago de Urabá, en *Santa* Catalina, en la cuchilla Las Divisiones y en El Limpo. Según observaciones fotogeológicas, el contacto superior es disconforme.

Correlaciones: Aparentemente la Formación Arenas Monas se correlaciona con la Formación Corpa (Guzmán *et.al.* 2004).

Ambiente de Depositación: Para la Formación Arenas Monas se estima un ambiente de depósito resultante de alguna fase importante del tectonismo del área, con sedimentación cíclica por corrientes de alta energía al principio de cada evento, finalizando cada uno de ellos con materiales muy finos, propios de zonas interdistributarias (Guzmán *et.al.* 2004).

4.2.7. Formación Corpa (Ngco)

Referencia original del nombre: No se encuentra una definición del término Formación Corpa en el léxico estratigráfico (Porta, 1974). Sin embargo, según Guzmán *et.al.* (2004) podría corresponder con la Formación Jaraguay de Oppenheim (1957, en Porta, 1974), quien describe una formación conglomerática intercalada con arenitas y arcillolitas arenosas de 500 pies de espesor (152,4 m), en el río Jaraguay (quebrada Jaraguay, según las planchas topográficas actuales), localizada al occidente del municipio de Valencia y afluente por la margen izquierda del río Sinú. Geotec (1997) utiliza informalmente el término unidad Corpa, subdividiéndola en Corpa Inferior y Corpa Superior.

Localidad tipo: Según Guzmán *et.al.* (2004), no se reporta una localidad tipo para la Formación Corpa, sin embargo Geotec (1997), sugiere como posible localidad tipo los afloramientos de la carretera Valencia – San Pedro de Urabá.

Sección tipo: Geotec (1997) sugiere que para la Formación Corpa se tome como sección tipo, los afloramientos localizados en el núcleo del sinclinal de Jaraguay, localizados sobre la carretera Valencia – San Pedro de Urabá.

Afloramientos: En la zona de estudio se tienen afloramientos de la Formación Corpa en los cortes de las vías Valencia – San Pedro de Urabá y Valencia – Batata, en las planchas 70 San Pedro de Urabá y 80 Tierralta. En el sector de El Mocho, vía entre Carepa y Piedras Blancas, plancha 79 Turbo se observan excelentes afloramientos, al igual que en la plancha 90 Chigorodo donde aflora de manera extensa en localidades como la vereda Remigio y el Río Guadua.

Morfología: La expresión morfológica de la Formación Corpa (**Foto 37**) es de colinas amplias y lomas bajas.

Descripción litológica: Según Guzmán *et.al.* (2004), la Formación Corpa está constituida hacia la base por una serie de conglomerados arenosos polimícticos (**Foto 37**), localmente clastosoportados (**Foto 38**), que varían a arenitas ligeramente conglomeráticas, cuarzosas y líticas, gris marrón amarillento; dispuestos en capas muy gruesas masivas, con estratificación cruzada ondulosa (**Foto 39 y 40**). Además, posee niveles supeditados de limolitas laminadas. Se presentan grandes superficies de acanalamiento y paleocauses. En el segmento superior se presenta una serie de arenitas y arenitas conglomeráticas color gris amarillento, de grano fino a muy grueso, macizas, dispuestas en capas medias a muy gruesas, compuestas por cuarzo lechoso, chert negro, fragmentos de rocas sedimentarias, moscovita y limonita, con presencia de bioturbación truncando la estratificación (**Figura 10**).

Foto 37. Formación Corpa. Se observa una topografía redondeada compuesta por una secuencia de conglomerados (línea punteada) dispuestos en capas muy gruesas, y al tope arenitas muy finas. Espesor 10 m. Cantera Pueblo Nuevo.

Foto 38. Detalle de conglomerados polimícticos clastosoportados de moderada selección, localmente matriz soportados, en capas gruesas y muy gruesas con lentes de arenitas gruesas a muy gruesas y gránulos, con una ligera imbricación (NE).

Las comisiones de campo en el presente proyecto permitieron identificar sucesiones de conglomerados intercalados con arenitas y en algunos casos arcillolitas, representan paleocauses de gran extensión con estratificación cruzada, angular y en artesa que pueden, posiblemente, indicar un ambiente de fan delta.

Los conglomerados (**Fotos 37, 38, 39 y 40**) de tamaño canto grueso a gránulos, compuestos por abundantes basaltos, cuarzos, tonalitas, en un porcentaje de hasta el 60%, poseen entre el 20 y 30% de matriz arenosa de grano grueso compuesta por cuarzo y líticos de dos áreas de aporte diferentes, a juzgar por la tendencia del tamaño bimodal de las arenas donde los cuarzos, siempre de menor tamaño y menores en porcentaje, suelen ser arenitas medias y finas, mientras que fragmentos líticos como los basaltos e incluso fragmentos de olivinos alcanzan tamaños de arenita gruesa e incluso gránulos. Se levanta una columna estratigráfica en detalle en la cantera de Pueblo Nuevo (**Figura 10**). La columna estratigráfica de la Formación Corpa se encuentra en formato Corel Draw 13 **(Anexo IV)**.

Foto 39. Conglomerados de la Formación Corpa compuestos por cantos gruesos a finos granodecrecientes a guijos gruesos con clastos ígneos hasta en un 70%, con un 20 a 25% de matriz litoarenitas (cabeza del martillo) deleznables. Cantera Pueblo Nuevo.

Estos conglomerados registran eventos de gran magnitud, que posiblemente están marcando pulsos tectónicos u orogénicos de edad Neógena, que han quedado evidenciados en las potentes capas conglomeráticas que cubren toda el área, desde áreas próximas a las costas hasta el interior de la zona, en veredas y corregimientos como Mello Villavicencio, alejados más de 30 km de la línea de costas y con cotas topográficas cercanas a los 100 m.

Espesor: De acuerdo con Geotec (1997) la Formación Corpa posee un espesor mayor a 800 m.

Edad: Con base en relaciones estratigráficas, ya que se carece de dataciones paleontológicas, se le asigna a la Formación Corpa una edad relativa de Plioceno.

Foto 40. Detalle de lentes de arenitas gruesas a muy gruesas con esporádicos cantos finos y guijos flotando. La estratificación es localmente planar planoparalela, cruzada angular y en artesa. Cantera Pueblo Nuevo.

Posición estratigráfica: Los límites estratigráficos de la Formación Corpa Inferior no se observan en campo (Guzmán *et.al.* 2004); se deduce que esta Formación suprayace de manera discordante a la Formación Paujil, en el Sinclinal de Jaraguay y de manera paraconforme a la Formación Arenas Monas, en el sinclinal de Tucurá; el contacto superior no se conoce (Geotec 1997).

Correlaciones: Según Guzmán *et.al.* (2004), la Formación Corpa podría correlacionarse con depósitos modernos hallados en otras partes de la zona estudiada.

Ambiente de formación: Guzmán *et.al.* (2004) reporta para la Formación Corpa un ambiente continental. Según lo observado en campo, la base de la unidad se formo en zonas controladas por conos aluviales proximales o medios y se sugiere que registran una importante actividad tectónica a finales del Neógeno. De igual manera se propone que la parte superior de la Formación Corpa corresponde a un ambiente continental de corrientes fluviales entre trenzadas y meandricas.

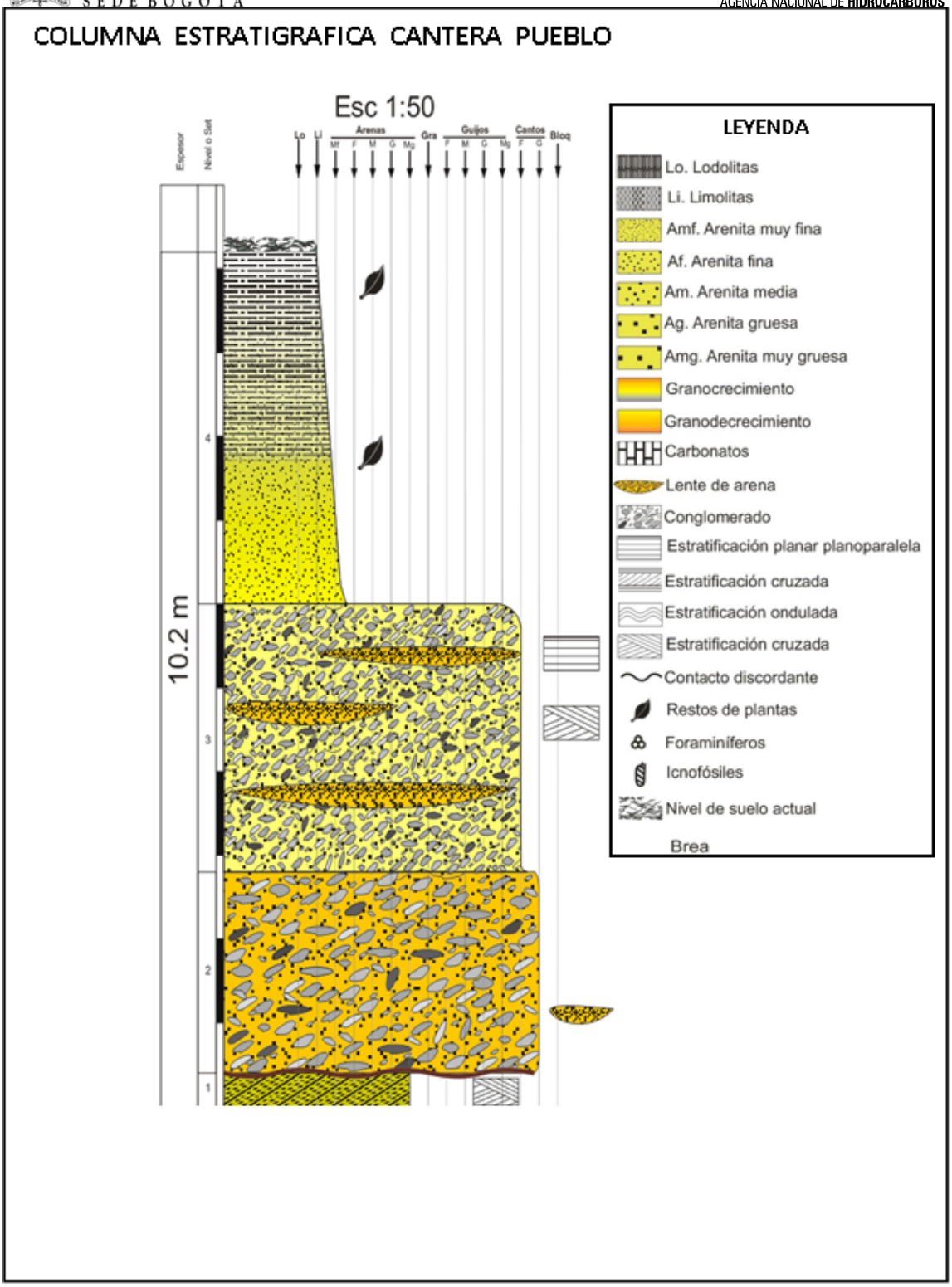


Figura 10. Columna esquemática de la Formación Corpa. Esta columna se realiza en la estación de campo VZ-005. Archivo original Anexo IV.

4.3. DIAPIRISMO DE LODO (Qvl)

El fenómeno de diapirismo de lodo es bastante común en el área del terreno de Sinú-San Jacinto, que fue definido como una nueva provincia tectonoestratigráfica por Duque-Caro (1979), es descrita como una unidad tectónica que actúa como la "segunda" cuña sedimentaria acrecida al terreno Sinú-San Jacinto, situada al occidente y adyacente al cinturón de San Jacinto, del cual está separado por el lineamiento estructural del Sinú. En esta zona aparece el diapirismo **(Foto 41)** como el factor deformante más importante. Buena parte del área se encuentra cubierta por derrames de lodo de los volcanes actuales y de volcanes preexistentes, ya erodados o dormidos.

Foto 41. Vulcanismo Diapirico en un pequeño cono en la Vereda El volcán, donde se levantan 6 conos de hasta 3m de altura por 1,5 m de diámetro, que expulsan constantemente lodos, gas y aceite mineral. Estación VZ-006

4.3.1. Morfología y Afloramientos

Se pueden describir los conos diapíricos como masas cónicas de lodo de hasta 30 m de altura que emergen aisladas, principalmente a lo largo de las zonas mayores de falla, siguiendo el rumbo general del Cinturón (Duque-Caro, 1984). Los volcanes de lodo se presentan con una tendencia N-NE, son de diversos tamaños, **(Fotos 41 y 42)** encontrándose el mayor de toda Suramérica en la localidad de Arboletes, que con un cráter superior a los 85 m de diámetro y sus 30 msnm es un importante atractivo turístico de la Región, aunque lo normal son

cráteres mucho más pequeños, decimétricos a centimétricos, en pequeños conos de expulsión de lodos en conjuntos de dos o tres conos presentes en áreas cercanas separados hasta por 200 m. La actividad de estos volcanes es constante y han generado gruesos depósitos **(Foto 43)** que en muchas zonas no permite ver la litología infrayacente. El cubrimiento del terreno por parte de estos lodos suaviza la topografía, generando colinas de bajo ángulo, redondeadas y de diversos tamaños que se erodan fácilmente.

Foto 42. Volcán de Lodo de Necoclí, este es el segundo volcán en tamaño luego de el de Arboletes, expulsa lodo de manera constante y eventualmente expele olor a gas.

4.3.2. Origen

En cuanto al origen de este fenómeno, “se considera que el cinturón del Sinú corresponde a una fase posterior -al cinturón de San Jacinto- que se origina por la acreción de la corteza oceánica, que continúa en la actualidad y cuyo rasgo más representativo es la presencia del intenso diapirismo y vulcanismo de lodo, rasgo que determina las características estructurales de la zona” (Duque-Caro, 1984). La actividad diapírica suele estar relacionada a borde subductivos de bajo ángulo, lo que es concordante con el modelo de choque de la placa suramericana con la placa Caribe. Genéticamente Duque-Caro (1984) proponen que el peso gravimétrico de sedimentos turbidíticos sobre sedimentos de menor densidad pelágicos y hemipelágicos generó el diapirismo a lo largo de las fosas marginales durante el acrecimiento de estos terrenos. Según este mismo autor, la magnitud de las deformaciones combinada con el levantamiento caracteriza este diapirismo como orogénico.

Foto 43. Vereda Palmares. Este volcán “estallo” hace 3 años, después de lo cual ceso su expulsión de lodos. La vereda debe ser trasladada por seguridad, el derrame de lodos cubrió una gran área, alcanzando hasta los 5m de espesor.

Foto 44. Volcán de Lodo en la vía que de San Juan conduce a San Juanito. Se reportan 3 focos de expulsión de lodos. Es común que los volcanes expulsen un porcentaje de hidrocarburos, como se aprecia en la mancha negra circular ubicada alrededor del punto de efusión de lodos y gases. En esta zona el fenómeno de los hidrocarburos es bastante más notorio con respecto a otros lugares visitados. Estación VZ-056.

La emisión de lodos acarrea consigo un constante burbujeo de gases, en ocaciones con olor a hidrocarburos, y en algunos casos incluye la expulsión de aceite –petróleo-, que se acumula como manchas negras alrededor del punto de emisión **(Foto 44)**. Esto demuestra, como mínimo, que en la zona si hay presencia de hidrocarburos. No se tienen noticias de estudios realizados a estos aceites, que no son difíciles de muestrear por su abundancia, por lo cual no se descartan estudios del tema, aunque no existan reportes de los mismos.

4.3.3. Edad:

Según Duque-Caro (1984) los eventos diapíricos principales del cinturón del Sinú tuvieron lugar durante el Mioceno Medio y durante el Mioceno Medio a Superior. Este mismo autor reconoce en el Mioceno Medio-Alto y pre-Plioceno una inconformidad mayor en el evento diapírico del Cinturón del Sinú.

4.4. DEPÓSITOS CUATERNARIOS

Los depósitos inconsolidados de edad Cuaternaria en el área de la Cuenca ocupan un poco más del 50% del total de su extensión. Se identificaron los siguientes materiales por su génesis.

Depósitos aluviales (Qal). Representan el 24% de la superficie total de la cuenca y se localizan en la parte central y sur del área. Estos materiales se componen generalmente de gravas y guijos con lentes de arenas y limos. Estos materiales por su alto espesor presentan un buen grado de compactación.

Depósitos fluviomarinos (Qfm). Son depósitos mixtos con aportes fluviales y marinos localizados en el costado occidental y suroccidental del Golfo de Urabá. Generalmente se componen de arenas y lodos orgánicos y líticos con algunos niveles de gravas.

Depósitos marinos (Qm). Se presentan en el fondo marino de la cuenca. Se componen de arenas, lodos orgánicos y algunos fragmentos de rocas sedimentarias e ígneas que descienden de los taludes continentales.

Depósitos marinos costeros (Qmc). Se presentan principalmente en la costa nororiental del Golfo de Urabá, en la que se distinguen arenas y escombros de playa, fragmentos de rocas sedimentarias en arenas y lodos calcáreos, estos depósitos son extensos en el área; se relacionan a dos niveles de terraza que se observan claramente en la vía que comunica la ciudad de Turbo con el Municipio de San Juan de Urabá. Estas terrazas se componen de arenas líticas de grano fino a medio, en buena parte cubiertas por pastos o vegetación. En algunos casos se encuentran acumulaciones de conchas. Los depósitos marinos costeros parecen no estar afectado tectónicamente.

5. REZUMADEROS DE PETRÓLEO

Se reportan manifestaciones de rezumaderos de hidrocarburos en inmediaciones de San Pedro de Urabá, el volcán de lodo Cerro de Los Aburridos y las veredas del Ají y La Rula. Al occidente de Valencia, se encuentra un tercer rezumadero de petróleo, adyacente a la vía que desde San Pedro de Urabá conduce a esta población.

5.1. REZUMADERO VEREDA EL AJÍ

El rezumadero de la vereda El Ají se localiza en un afluente de la quebrada Tacanal, en las coordenadas X (Este) 1.079.110; Y (Norte) 1.396.198, sobre el flanco occidental del sinclinal de Jaraguay, aproximadamente 1 km al oriente de la traza de la falla Almagritas.

En el cauce de la quebrada se encuentra un depósito aluvial, conformado por arenas, gravas finas y algunos cantos de arenisca, mezclados con suelo residual arcilloso derrumbado de las márgenes de la quebrada, que suprayace una secuencia de sublitoarenitas interestratificadas con arcillolitas negras de la Formación Paujil. El petróleo brota en forma de goteo por entre las diaclasas de las rocas de la Formación Paujil y saturan el depósito aluvial. El petróleo que satura el aluvial, termina escapando hacia la superficie por entre el agua de la quebrada, produciendo manchas aceitosas sobre la superficie. (**Foto 45**).

Foto 45. Rezumadero vereda El Ají

5.2. REZUMADERO VEREDA LA RULA

El rezumadero de la vereda La Rula se localiza en el cauce de la quebrada del mismo nombre, en las coordenadas X (Este) 1.079.483; Y (Norte) 1.394.530, cerca de la intersección de las fallas El Congo y Almagrita.

El cauce de la quebrada La Rula posee un depósito aluvial conformado por arenas, gravas, cantos y bloques, estos últimos de arenisca, que reposa sobre una secuencia de sublitoarenitas interestratificadas con arcillolitas negras de la Formación Paujil. Se supone que el hidrocarburo brota por entre las diaclasas o entre las fracturas para después saturar los depósitos aluviales. En todo el sector se percibe un fuerte olor a gas (**Foto 46**).

Foto 46. Manchas de aceite sobre el agua de la quebrada La Rula.

5.3. REZUMADERO CANTERA VALENCIA

El rezumadero de la cantera Valencia se localiza en las coordenadas X (Este) 1.097.993; Y (Norte) 1.404.840, en cercanías a la carretera que de Valencia conduce a San Pedo de Urabá sobre el trazo de una falla inversa que afecta a la Formación Paujil en el flanco oriental del sinclinal de Jaraguay. El petróleo brota en varios sectores, por entre las fracturas de la roca, esparciéndose sobre la superficie del agua de pequeños charcos (**Fotos 47 y 48**).

Foto 47. Rezumadero de petróleo en la cantera Valencia, adyacente a la vía Valencia – San Pedro de Urabá.

Foto 48. Detalle de la roca fracturada por donde brota el petróleo en el rezumadero de la cantera Valencia.

6. MARCO ESTRUCTURAL

El elemento estructural dominante en la región está constituido por un sistema conjugado de fallas de rumbo (*strike slip*) y cabalgamientos (*thrusts*) Las fallas de rumbo tienen una orientación preferencial que varía aproximadamente de EW (Falla de Turbo, en el sur) a NW-SE (Falla de Lorica, en el norte). La dirección de movimiento de las mismas alterna sucesivamente entre el sinestral 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 buzan, generalmente, hacia el SE, y que en algunas localidades presentan retrocabalgamientos (*backthrust*) con convergencia al este (Geotec, 2003).

A continuación se exponen en forma breve los lineamientos, fallas y pliegues más relevantes (**Anexo IA**) que se encuentran en la zona de trabajo, o que se encuentran relacionados a esta:

6.1. LINEAMIENTOS

Lineamiento del Sinú: Propuesto por Duque-Caro (1979, 1980) este lineamiento separar los denominados cinturones del Sinú y San Jacinto en la parte sur del cinturón del Sinú. Con un trazo aproximado de N20°E, sigue el curso del río Sinú. Termina al norte contra la falla de San Jacinto (Barrera, 2001 en Guzmán *et.al.* 2004) la cual sirve de límite entre ambos cinturones a la altura de San Antero. Aunque este lineamiento no aparece en la zona descrita en este informe, los rasgos geomorfológicos dominantes siguen su trazo, además, por la importancia de la provincia oceánica que está marcando este cinturón se hace necesaria su descripción, puesto que sobre esta corteza se depositan las rocas Neógenas que integran el área. En el cinturón del Sinú las estructuras presentes son en buena parte producto del efecto del diapirismo de lodo, el cual genera sinclinales amplios. Los anticlinales se suelen presentar en los domos de los diapiros y a veces pueden coincidir con volcanes de lodo. Se presentan también fallas de cabalgamiento aunque también se consideran asociadas al diapirismo. Los principales rasgos estructurales que se presentan en la zona se describen a continuación:

6.2. FALLAS

6.2.1. Falla de Mata Plátanos

Definida por Geotec (1997). Se trata de una falla de Cabalgamiento que pasa por la plancha 69 Necoclí, con vergencia E - SE. Alcanza 25 km de longitud, posee un rumbo N15°E y un buzamiento que supera los 45° en dirección oeste, hasta verticalizarse. Pone en contacto rocas de la formación Pavo Inferior con las de su Formación suprayacente, Pavo superior. La falla se encuentra afectada a lo largo de su trazo por estructuras dómicas (Guzmán *et.al.* 2004).

6.2.2. Falla de San Rafael

Definida por Geotec (1997). Falla de cabalgamiento con vergencia al NW, que alcanza 17 km de longitud, con un rumbo N10°W que varia hasta N20°E. Al Igual que la falla de Mataplátanos, esta falla pone en contacto rocas de las Formaciones Pavo Inferior y Superior. Además, esta falla controla el flanco occidental del gran sinclinal de Tulipa.

6.2.3. Falla Yoky

Definida por Geotec (1997). Es una falla de cabalgamiento con vergencia W-NW, nace de la falla San Rafael, tomando una orientación de N20°W, hasta las inmediaciones del Río Tigre, donde varía su dirección a N30°E hasta su terminación, en la falla del Congo. Al igual que las Fallas de Mata Plátanos y San Rafael, esta falla pone en contacto rocas de la Formación Pavo inferior y superior.

6.2.4. Falla de Mulaticos

Definida por Geotec (1997). Es una falla de cabalgamiento con vergencia NW, (N20°E), que buza al sureste y posee una extensión de 18km. Pone en contacto rocas de las formaciones Pavo Superior y Pajuil Superior. El curso del río Mulaticos es controlado por esta falla. Atraviesa las planchas 59 Mulatos y 69 Necoclí.

6.2.5. Falla Los Volcanes

Definida por Geotec (1997). Es una falla de cabalgamiento con vergencia SW y NW, (N45°W hasta el río mulaticos, N10E° hasta la vereda Los Volcanes), que buza en sentido NE y SE, posee una extensión de 13km y pone en contacto rocas de la Formación El Pavo Superior con la Formación Arenas monas y con estructuras dómicas. Su línea de trazado es continua y atraviesa el total de la zona de estudio, las planchas 59 Mulatos y 69 Necoclí.

6.2.6. Falla de Turbo

Corresponde a una falla de rumbo con desplazamiento sinestral, su trazo es inferido y afecta rocas de la Formación Pavo inferior y estructuras dómicas a lo largo del río Turbo. El trazo de falla controla el curso del río Turbo. Posee una orientación aproximada de S80E y una longitud estimada de 33 km.

6.2.7. Falla Resbalosa

Localizada al oriente de la zona de estudio, en inmediaciones del corregimiento de Batata. Presenta rumbo general N45º - 50ºE que cambia a N10ºW, con buzamiento hacia el oriente. Es una falla inversa que afecta parte del flanco oriental del sinclinal de Tucura. Coloca en contacto rocas de la formación Maralú y de la Formación Corpa.

6.2.8. Falla Almagritas

Localizada al oriente de la zona de estudio, en inmediaciones de la población de San Pedro de Urabá. Presenta rumbo general N20º - 50ºE y buzamiento hacia el oriente. Es una falla inversa que en inmediaciones de las veredas El Ají y La Rula, afecta la parte occidental del cierre sur del sinclinal de Jaraguay, colocando en contacto rocas de la formación Pajuil Inferior con rocas de la formación Pavo Inferior; más al norte en inmediaciones de San Pedro de Urabá, pone en contacto las formaciones Floresanto y Arenas Monas.

6.2.9. Falla El Billete

Localizada al oriente de la zona de estudio, al sur de San Pedro de Urabá. Presenta rumbo general NS que localmente cambia a N25ºE y buzamiento hacia el oriente. Es una falla inversa que afecta el flanco occidental del sinclinal de Tucura, el cual se encuentra conformado por rocas de la Formación Pavo Inferior.

6.2.10. Falla Quimary

Es una falla inversa, satélite de la falla El Billete, con rumbo general NS que localmente cambia a N15º - 20ºE, con buzamiento al oriente. Afecta rocas de la Formación Pavo Inferior.

6.2.11. Falla El Congo

Es una falla que en inmediaciones de las veredas El Ají y La Rula, se desprende de la falla Almagritas; presenta rumbo general N20º - 40ºE. Afecta rocas de la Formación Arenas Monas y Pavo Superior.

6.3. PLIEGUES

6.3.1. Sinclinal de Tulipa

Definido por Geotec (1997), se ubica en la zona conocida como Serranía de Abibe – Las Palomas. Está conformado en su núcleo por rocas de la Formación Pavo Superior, posee una extensión total de 29km, teniendo su máxima expresión en el área SE de la plancha 69 Necoclí. Esta zona no pudo ser visitada por carencia de vías, por lo que su interpretación ha sido tomada por completo de la bibliografía y analizada por medio de sensores remotos. Este sinclinal posee rumbo NS en el sector de Santa Bárbara, que varía a N30°E por el sector de la vereda Tulipa, de

donde toma su nombre. Al salir de la plancha 69, en dirección de San José de Mulatos, la falla toma una orientación E-W.

6.3.2. Sinclinal de Jaraguay

Es un pliegue amplio localizado entre las poblaciones de Valencia y San Pedro de Urabá, con el eje orientado en la dirección N30º - 40ºE. El flanco oriental está conformado por rocas de la formación Paujil Inferior y presenta inclinaciones de 25º a 47º hacia el oriente; el flanco occidental está conformado por rocas de la Formación Paujil Superior y presenta inclinaciones de 25º a 35º al occidente.

6.3.3. Sinclinal de Tucurá

Localizado al sur del sinclinal de Jaraguay y separado de este por la falla El Congo. Es un pliegue amplio orientado. Es un pliegue amplio, cuyo eje en el sector sur presenta orientación N30ºE, en la parte central cambia a NS y en el sector norte pasa a N20ºW. Los flancos están conformados por rocas de la Formación Pavo Inferior y el núcleo por rocas de la Formación Corpa.

7. CONCLUSIONES

De la revisión y control de campo del área de estudio se presentan como resultado de la investigación:
1) Un mapa geológico y estructural a escala 1:50.000. Escala de impresión 1:150.000, una imagen TERRASAR-X y una imagen ALOS PALSAR-L.
2). Bases de datos con ubicación, descripción litológica y datos estructurales, además del listado de muestras enviadas a la litoteca del ICP.
3). Álbum digital con el registro fotográfico detallado del área de estudio, con las imágenes en formato JPEG.
4).Informe de campo en el que se describen las unidades del área, con una síntesis litológica, estructural y tectónica de las zonas controladas y que detalla vías de acceso y estado de las mismas.
5) Columnas estratigráficas a escala, 1:50, 1:100 y 1:200 de las Formaciones Pavo Inferior, Pavo Superior y Corpa.

El área de estudio correspondiente a la Cuenca del Urabá se puede dividir geológicamente en dos provincias litológicas;

- La primera, en el flanco este de la cuenca, que corresponde geográficamente al la zona denominada como Urabá Antioqueño y se encuentra conformada por rocas sedimentarias, principalmente litoarenitas y limolitas, con niveles conglomeráticos y arcillosos respectivamente, que pertenecen al Cenozoico, abarcando todo el Neógeno y que corresponden a depósitos marinos. En esta zona también afloran unidades correspondientes al Cuaternario, más notorios en la franja litoral entre San Juan de Urabá hasta el Municipio de Tié y están representados por depósitos de laderas, rellenos de valles y por horizontes marinos y fluviales de edad Holoceno ubicados en el tope de terrazas litorales. Las escasas rocas consolidadas que afloran a lo largo de la línea de costa actual son principalmente arcillolitas y lodolitas, plegadas y fracturadas, eventualmente con lentes de areniscas. En esta provincia, principalmente en las áreas de Arboletes, San Juan, Damaquiel, Necoclí, Los Volcanes, San Juancito, Las Changas y El Tigre entre otros, es común el diapirismo de lodo.

- La segunda provincia, denominada como Urabá Chocoano, está integrado por rocas ígneas en las que predominan las lavas basálticas intercaladas por brechas volcánicas y algunos eventos sedimentarios marinos que se intercalan en los flujos lávicos. También se reportan rocas graníticas tonalíticas.

El trabajo de campo permitió verificar litologías, complementar la información estructural existente y ubicar zonas para realizar pruebas previas a la instalación de los sismómetros de alta sensibilidad.

El vulcanismo de lodos se observo como un fenómeno bastante común en el área, tanto en plataforma como en la zona emergida, siendo frecuentes las estructuras diapíricas, evidenciadas principalmente por domos y volcanes de lodo bien desarrollados en Arboletes, San Juan, Damaquiel, Necoclí, Los Volcanes y El Tigre. Múltiples depósitos de lodos de origen diapírico cubren extensas áreas de la zona de estudio, haciendo en algunos casos prácticamente imposible ver la litología que le infrayace, esto, sumado a las constantes lluvias en el área, conlleva a una redistribución del material que genera extensos valles de un material lodoso muy fértil cubierto, generalmente, por vegetación espesa.

El Cuaternario de la franja litoral entre Arboletes y Turbo está representado por depósitos de laderas, rellenos de valles y por horizontes marinos y fluviales holocenos ubicados en el tope de terrazas litorales. Este tipo de depósito suele estar emplazado de forma discordante con contactos erosivos sobre las litologías terciarias y aparentemente no son afectados por las fallas normales e inversas que se reportan en estas unidades Neógenas.

Por último es importante reportar que la zona este, denominada como la provincia sedimentaria de la Cuenca de Urabá, posee un gran interés petrolífero. De la labor de campo se obtuvieron múltiples reportes en los que se encontraron desde breas rellenando diaclasas en rocas ígneas, hasta manaderos de hidrocarburos. Esto, sumado a la evidencia arrojada por el abundante diapirismo de lodo en el que es común encontrar hidrocarburos flotando sobre los lodos y el olor a gas relacionado a estas zonas, demuestra que como mínimo, existen hidrocarburos en el subsuelo del área y que se han dado mecanismos de almacenamiento en el flanco este de la Cuenca del Urabá y Sinú – San Jacinto. Además, la litología de los depósitos Neógenos reportada en superficie y compuesta de múltiples intercalaciones de arenitas de grano fino a grueso con paquetes de limolitas y lodolitas, en conjunto con el falimiento propio de la zona y la geomorfología con sinclinales y anticlinales, sugieren la posibilidad de trampas estratigráficas y estructurales a profundidad con características de reservorios.

8. RECOMENDACIONES

- El estudio detallado de las zonas con cobertura por diapirismo de lodo es importante en cuanto a la instalación de equipos sísmicos, dado que esta litología puede amortiguar las ondas mecánicas provenientes de sismos, afectando la adquisición de datos sísmicos de baja intensidad, que son objetivos de este estudio. Debe tenerse en cuenta que estas litologías, junto con las cuaternarias, presentan un bajo grado de homogeneidad en espesor y distribución, son poco litificadas, deleznables, dúctiles y poseen gran extensión en la zona de estudio, por lo que es clave observar cuidadosamente el tipo de depósito del lugar donde se instalen equipos. En cuanto sea posible, debe evitarse instalar los sismógrafos de alta sensibilidad sobre este tipo de depósitos.

- La cartografía geológica existente es correcta a gran escala, más, a pequeña escala suele presentar algunos faltantes como la extensión real de depósitos diapíricos de lodo y cuaternarios, por lo que sería recomendable realizar una cartografía geológica de pequeña escala referida a las zonas de interés.

- Los depósitos actuales han sido poco estudiados, la información referente a los mismos es escasa, aunque estos son habituales y de gran extensión en el área. Se recomendaría en estudios próximos un detalle mayor a este tipo de depósitos, buscando una respuesta tectosedimentaria a diferentes esfuerzos que puedan estar afectando el cuaternario y que sirvan como pruebas de neotectónica. Aunque el cuaternario se caracteriza por su horizontalidad y no pareciera estar afectado por esfuerzos tectónicos, se reporta una zona en la que se le observa casi verticalizado, al N.E del corregimiento de Mellitos, donde los ángulos de buzamiento de estos niveles cuaternarios alcanza los 56°, el punto corresponde a la estación VZ-013, por lo que se sugiere esta zona para la instalación de equipos por cuanto es posible que sea una de las más recientes afectada tectónicamente.

- El reporte común para los volcanes diapíricos es la expulsión de hidrocarburos, tanto líquidos como gases. Se recomienda un estudio detallado de Análisis de Índice de Vitrinita, TOC, índice H-O para determinar madurez y análisis de kerógenos, además de toma de muestra de gases expulsados por los diapiros de lodo. Aunque todos los puntos registrados con fenómenos diapíricos presentan características similares, se recomienda la estación de campo VZ-056, por ser un punto en el que el hidrocarburo parece ser ligeramente mayor en porcentaje, es sencillo tomar muestras tanto del hidrocarburo como de los gases expulsados y es de acceso regular. Además, en este punto la emisión de “burbujas” de gas en los diapiros de lodo es constante, con una regularidad de 50 a 60 burbujas por minuto.

- En el campo, estructural es necesario realizar una comisión de campo a cargo de un especialista que realice un trabajo enfocado a este tema, puesto que la extensión del terreno, en conjunto con el objetivo de la labor de campo propia de estas dos fases impidieron dedicar el tiempo necesario para la adquisición de suficientes datos para el estudio estructural a detalle en la oficina. La cartografía existente reporta solo un gran pliegue en el área de estudio, el sinclinal de Tulipa, ubicado en la zona SE en la Plancha 69 Necoclí. Se recomienda una salida de campo enfocada a cubrir esta zona en conjunto con las zonas SW de la plancha 70, y NW de la plancha 79, todas estas confluyen a una misma área que no pudo ser cubierta en estas fases de campo por motivo de escases de vías de acceso y mal estado de las pocas trochas existentes a causa del intenso invierno en la región.

- Gracias a las detalladas observaciones realizadas en campo, se pudo determinar la composición general de las rocas sedimentarias clásticas aflorantes en el área de estudio, sin embargo, es recomendable realizar estudios de petrografía clásica para así determinar y confirmar las áreas de aporte de los sedimentos para el Mioceno.

- La Formación Pavo Inferior, ubicada al este del Golfo de Urabá presenta porosidades optimas para roca reservorio; se recomienda realizar una petrografía con tinción para determinar el tamaño y la interconexión de poros así como análisis por medio de Microscopia Electrónica de Barrido, para determinar la forma, la geometría y las relaciones entre poros.

- La Formación Pavo Superior posee las características óptimas para convertirse en la unidad sello del sistema del Mioceno, sería interesante lograr determinar el tipo de arcillas que componen la unidad por medio de DRX para prevenir futuros problemas en la explotación de un hipotético campo, como arcillas expansivas.

- Con estudio más detallado de la estratigrafía del área se podrían llegar a modelos más específicos de los ambientes de depositación de cada una de las unidades estudiadas.

- Por último, debe procurarse realizar las fases de campo en verano, puesto que en invierno la zona queda muchas veces incomunicada por el mal estado de las vías y múltiples deslizamientos de tierra en las carreteras. Se recomienda así mismo realizar comisiones de campo enfocadas a áreas específicas (estructural, estratigráfica, geoquímica), puesto que lo basto del área y lo abrupto del terreno muchas veces no permiten realizar una investigación geológica a fondo.

- Por la seguridad del equipo de trabajo debe tenerse en cuenta que los tiempos de desplazamiento a los diferentes municipios, lleva, en algunos casos, más de 2 horas, desde los lugares donde se consigue alojamiento y transporte.

9. BIBLIOGRAFIA

ALVAREZ, J. (1971a) Mapa Geológico Generalizado y Localización del Muestreo Geoquímico de la Cordillera Occidental, Departamentos de Choco y Antioquia. Ingeominas. Medellín. (Inédito).

ALVAREZ, J. (1971b) Informe Preliminar Sobre Geoquímica de la Cordillera Occidental. Ingeominas. Informe Interno. Medellín.

ALVAREZ, E. y GONZALEZ, H., (1978) Geología y Geoquímica del Cuadrángulo Y-7 (Urrao) Ingeominas. Informe 1761. 347p. Mapa escala 1:100000. Medellín.

CALLE, B. y SALINAS, R., (1986) Geología y Geoquímica de la Plancha 165 (Carmen de Atrato). Ingeominas. Informe 1987. 140p. Medellín.

CORREA, I, D. and VERNETTE, G, (2004). Introduction to littoral erosion problem in Urabá (Arboletes-Turbo area) Colombian. *bol. invemar*, Jan./Dec. 2004, vol.33, no.1, p.07-28. ISSN 0122-9761.

DUQUE-CARO, H., (1978). Geotectónica y Evolución de la Región Noroccidental Colombiana Boletín geológico. Ingeominas, Volumen 23, No.3. Bogotá.

DUQUE-CARO, H, (1980). Geotectónica y evolución de la Región Noroccidental Colombiana. Bol. Geol., Ingeominas, 23(3), p. 4-37.

FEININGER, T. and BRISTOW, C. R. (1980): Cretaceous and Paleogene history of coastal Ecuador. Geol. Rundsch., 69, 849-874.

FOLK, R.L, (1980). Petrology of Sedimentary rocks. Hemphill Publishing Company

GEOTEC LTDA (1997). Cartografía geológica de la Región del Sinú (Noroeste de Colombia), Planchas 50, 51, 59, 60, 61, 69, 70, 71, 79 y 80. 3 volúmenes. Bogotá.

_____ (2003). Geología de los cinturones Sinú-San Jacinto Planchas 1100.000: 50 Puerto Escondido, 51 Loríca, 59 Mulatos, 60 Canaletes, 61 Montería, 69 Necoclí, 70 San Pedro de Urabá, 71 Planeta Rica, 70 turbo y 80 Tierra Alta. Informe I-20024. Ingeominas.

GÖBEL, V.; STIBANE, F. (1979). K/Ar hornblende ages of tonalite plutons, Cordillera Occidental, Colombia. U. Nal., Publ. Esp. Geol., (19):1-2. Medellín.

GONZALEZ, H. (2001). Mapa Geológico del Departamento de Antioquia. Memoria Explicativa. Ingeominas, Mapa escala 1:400000.

GUZMAN. G, GÖMEZ., E., L., SERRANO, B., E.(2004). Geología de los Cinturones del Sinú, San Jacinto, y Borde Occidental del Valle Inferior del Magdalena. Escala 1:300.000. Ingeominas.

HAMPSON, G & STORMS, J (2003) Geomorphological and sequence stratigraphic variability in wave-dominated, shoreface-shelf parasequences. Sedimentology, 50, pag 667-701.

INGRAM, R., L., (1954). Terminology for the thickness of stratification and parting units in sedimentary rocks. Geological Society of American Bulletin 65: 937-938.

INGEOMINAS, (1999). Mapa. Geología de la Plancha 59 MULATOS. Bogotá

INGEOMINAS, (1999). Mapa. Geología de la Plancha 69 NECOCLI. Bogotá

INGEOMINAS, (2007). Mapa. Atlas Geológico de Colombia. Plancha 5-05, Escala 1.500.000. Bogotá.

LONDOÑO, A.C., & GONZALEZ H., (1997), Mapa geológico generalizado del Departamento de Córdoba escala 1:25.000, Ingeominas, Bogotá, COLOMBIA.

MEISSNER, R.O., FLUEH, E.R., STIBANE, F., and BERG, E. (1976): Dynamics of the active plate boundary in southwest Colombia according to recent geophysical measurements. Tectonophysics, 35, 115-136.

NIVIA, A. (1987): Geochemistry and origin of the Amaime and Volcanic Sequence, Southwestern Colombia. Thesis University of Leicester, Leicester, U.K. 163p.

NIVIA, A. (1989): El Terreno Amaime-Una provincia volcánica acrecionada de basaltos de mesetas oceánicas. V Congreso Colombiano de Geología.

OPPENHEIM, V., (1957). Petroleum geology of the Sinu Basin, Colombia, S.A. XX Congreso Geológico Internacional, México. Sec. 3, Geología del Petróleo, p. 81-90, 5 fig., México.

PORTA, J. DE. (1974) Léxique Stratigraphique International: Volumen V, Fascículo 4b Amerique Latine, Colombie, (deuxieme partie), Tertiaire et Quaternaire, Centre Nacional de la Recherche Scientifique, 692 p. Paris, Francia.

SALAZAR, G., JAMES, M. y TISTL, M. (1991) El Complejo Santa Cecilia – La Equis: Evolución y Acreción de un Arco Magmático en el Norte de la Cordillera Occidental, Colombia. Simposio Magmatismo Andino y su Marco Tectónico, Memorias. Tomo II. P 142 – 160. Manizales.

SCHMIDT-THOMÉ, M.; FELDHAUS, L.; SALAZAR, G. (1989). Geology and mineral potential of the Western Cordillera of Colombia, departments of Chocó and Antioquia. Natural Research & Developments 32:5665 Tübingen.

SILLITOE, R.; JARAMILLO, L.; DAMON, P. E.; SHAFIQULLAH, M.; ESCOVAR, R. (1982). Setting, charasteristics, and age of the Andean porphyry copper belt in Colombia. Econ. Geol., 77: 1837-1850.

SUTER, F, M. SARTORI, R. NEUWERTH, G. GORIN (2008). Structural imprints at the front of the Chocó-Panamá indenter: Field data from the North Cauca Valley Basin, Central Colombia. Tectonophysics, 460.

ANEXOS

ANEXO I.

A. MAPA GEOLOGICO Y ESTRUCTURAL A ESCALA 1:50.000. ESCALA DE IMPRESIÓN 1:150.000

B. IMAGEN TERRASAR-X

C. IMAGEN ALOS PALSAR-L

ANEXO II.

HOJAS EXCEL CON BASES DE DATOS:

A. ESTACIONES DE CAMPO. SE RELACIONA UBICACIÓN, LITOLOGIA, DESCRIPCION, DATOS ESTRUCTURALES Y MUESTRAS TOMADAS EN CAMPO.
B. RELACION DE MUESTRAS ENTREGADAS AL INSTITUTO COLOMBIANO DEL PETROLEO ICP

ANEXO III.

CARPETA CON ALBUM FOTOGRAFICO DIGITAL EN FORMATO JPEG DE CADA UNA DE LAS ESTACIONES DE CAMPO VISITADAS, RELACIONADAS A LA BASE DE DATOS.

ANEXO IV.

COLUMNAS ESTRATIGRAFICAS EN FORMATO COREL DRAW:

A. Columna Estratigráfica Generalizada
B. Formación Pavo Inferior. COLUMNA EL DOS
C. Formación Pavo Inferior COLUMNA EL TIE
D. Formación Pavo Inferior COLUMNA NECOCLI
E. Formación Pavo Superior COLUMNA EL GAS
F. Formación Pavo Superior. COLUMNA BOBAL – CARITO
G. Formación Corpa. COLUMNA PUEBLO NUEVO

CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA Y MODELAMIENTO ESTRUCTURAL DE LAS CUENCAS DE URABÁ Y SINÚ-SAN JACINTO A PARTIR DE LA INTERPRETACIÓN DE IMÁGENES DE SENSORES REMOTOS Y MONITOREO SÍSMICO

ANEXO FOTOGRAFICO

Edward A. Salazar Ortiz
Geólogo Candidato a MsC.

BOGOTA
ENERO DE 2009

En el marco del proyecto CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA Y MODELAMIENTO ESTRUCTURAL DE LAS CUENCAS DE URABÁ Y SINÚ-SAN JACINTO A PARTIR DE LA INTERPRETACIÓN DE IMÁGENES DE SENSORES REMOTOS Y MONITOREO SÍSMICO, se realizaron dos fases de campo que cubrieron de manera optima, las zonas del Urabá Antioqueno y Chocoano. Entre las múltiples actividades desarrolladas durante la fase de campo, se realizo un completo registro fotográfico, de aspectos técnicos geológicos, como afloramientos, planos de diaclasas, detalles estratigráficos como tipos de estratificación, además de fotografías paisajísticas que incluyen la morfología del área de trabajo y algunos detalles particulares acerca de la flora y fauna del sector.

Los medios de trasporte empleados en las fases de campo, no fueron los usados comúnmente en las actividades geológicas, debido a las condiciones morfológicas y geográficas del área de estudio; por esta razón los medios de trasporte como las lanchas, las canoas, las motocicletas ente otros, también fueron registradas fotográficamente.

UNIDAD PAVO INFERIOR (Ngpi) Mioceno Inferior – Medio

FOTO 1. Vista panorámica de la canteras Piedras, en cercanías a Turbo, donde aflora en su totalidad la Unidad Pavo Inferior.

FOTO 2. Laminación ondulosa con acumulaciones de brea interlaminares. Cantera Piedras.

FOTO 3. Laminación ondulosa discontinua con lentes de brea acumulados en litoarenitas de grano muy fino hacia la base de la Unidad.

FOTO 4. Vista panorámica de la cantera El Dos, parte inferior y media de la Unidad Pavo Inferior.

FOTO 5. Detalle de la parte media de la Unidad Pavo Inferior, compuesta por litoarenitas de grano fino. Cantera el Dos

FOTO 6. Detalle de la parte media de la Unidad Pavo Inferior, compuesta por litoarenitas de grano fino y capas delgadas de microesparitas. Cantera el Dos

FOTO 7. Parte Superior de la Unidad Pavo Inferior, en la Vereda El Tie.

FOTO 8. Estratificación dómica o convoluta con acumulación de brea interlaminar, tope de la Unidad Pavo Inferior, Vereda El Tie.

FOTO 9. Estratificación dómica o convoluta con acumulación de brea interlaminar, tope de la Unidad Pavo Inferior, Vereda El Tie.

FOTO 10. Vista general del afloramiento de la Vereda El Tie. Nótese la disposición de las capas y el buen nivel de exposición.

FOTO 11. Litoarenitas de grano fino intercaladas rítmicamente con limolitas, además de esporádicas capas delgadas de microesparitas. San Pedro de Urabá.

FOTO 12. Laminación ondulosa discontinua con acumulación parcial de brea en litoarenitas de grano muy fino. San Pedro de Urabá.

FOTO 13. Intercalaciones rítmicas de litoarenitas de grano muy fino con limolitas, nótese los nódulos calcáreos hacia la base del segmento. San Pedro de Urabá.

FOTO 14. Intercalaciones rítmicas de litoarenitas de grano muy fino con limolitas, nótese los nódulos calcáreos dispersos en las capas. San Pedro de Urabá.

UNIDAD PAVO SUPERIOR (Ngps) Mioceno Superior - Plioceno

FOTO 15. Lodolitas grises y negras dispuestas en capas delgadas y medias con capas medias de sublitoarenitas calcáreas de grano fino. Vía al Alto de Mulatos.

FOTO 16. Lodolitas grises y negras dispuestas en capas delgadas y medias con capas medias de sublitoarenitas calcáreas de grano fino. Vía al Alto de Mulatos.

FOTO 17. Lodolitas grises y negras dispuestas en capas delgadas con fuertes procesos de meteorización. Pueblo Bello.

FOTO 18. Vista general de las lodolitas negras con avanzados procesos de meteorización. Vereda Nueva Antioquia.

FOTO 19. Limolitas negras ligeramente plegadas, dispuestas en capas delgadas y medias. Vereda El Gas.

FOTO 20. Limolitas negras, dispuestas en capas delgadas y medias. Vereda El Gas.

FOTO 21. Lodolitas negras con estratificación lenticular, lentes de arenitas de grano fino. Vereda Los Mandarinos.

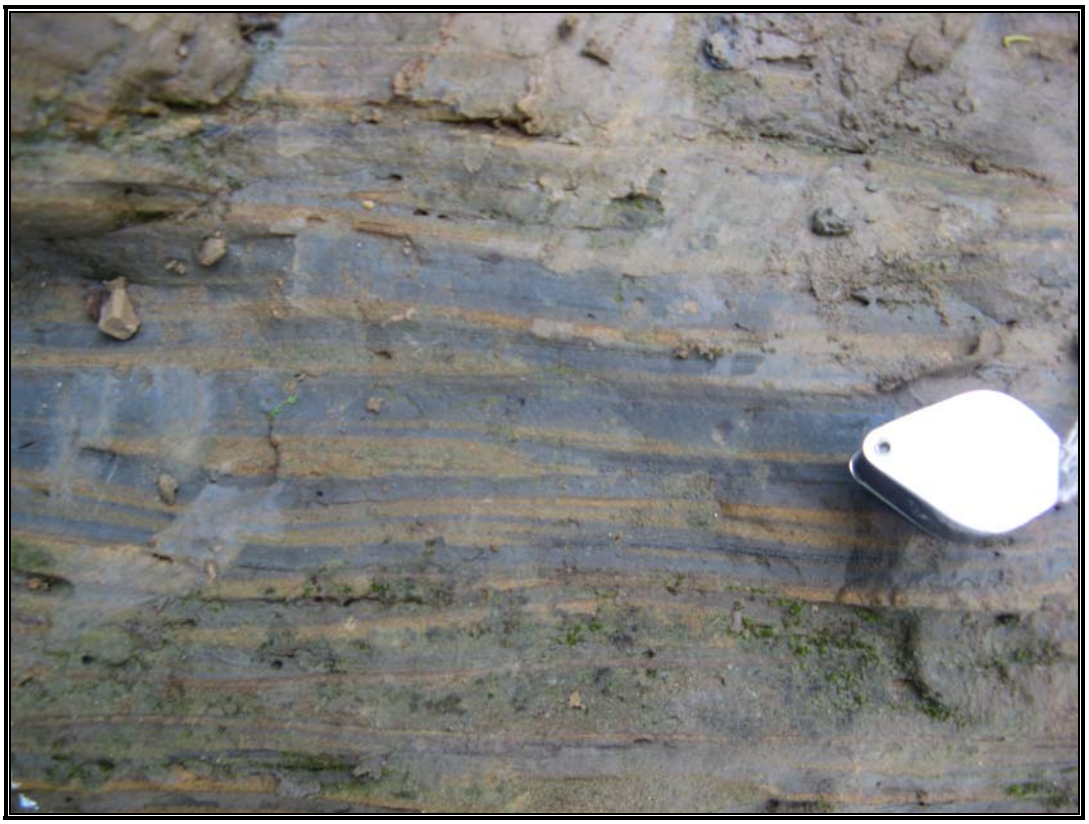


FOTO 22. Lodolitas negras con estratificación lenticular, lentes de arenitas de grano fino. Vereda Los Mandarinos.

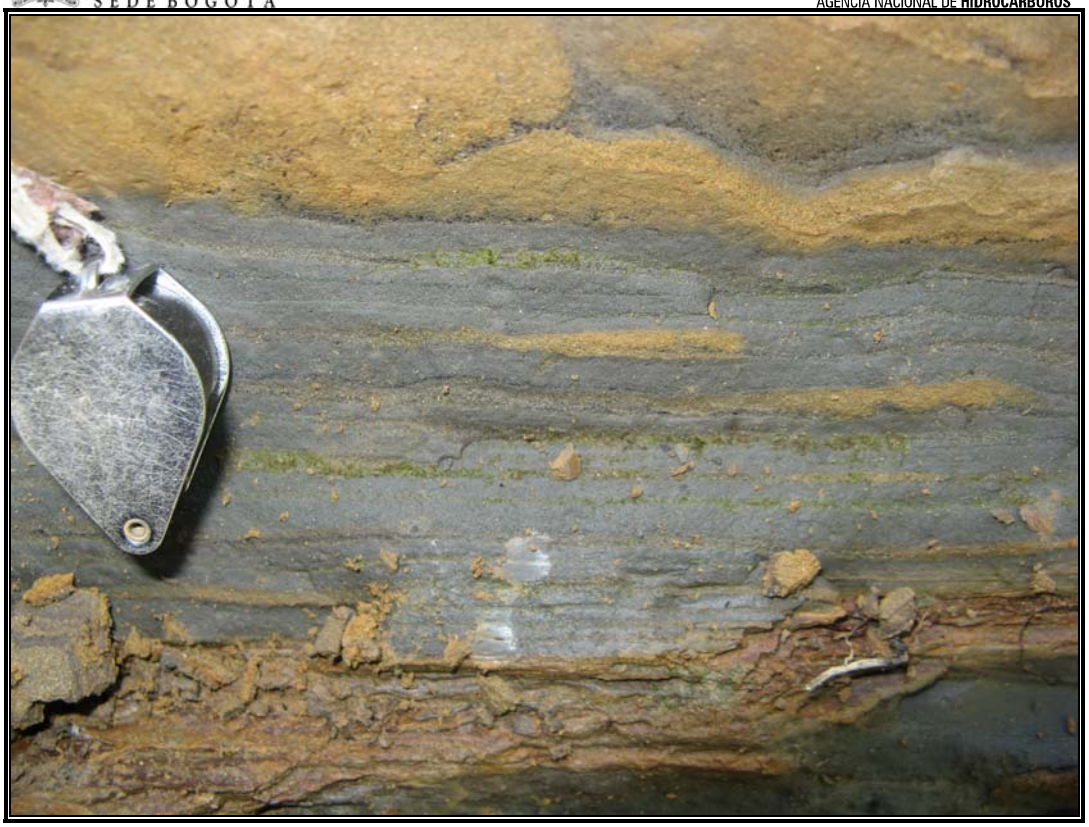


FOTO 23. Lodolitas negras con estratificación lenticular, lentes de arenitas de grano fino. Vereda Los Mandarinos.

FOTO 24. Vista general de las lodolitas negras que conforman la Unidad Pavo Superior. Vereda Los Mandarinos.

UNIDAD ARENAS MONAS (Ngam)

FOTO 25. Litoarenitas de grano grueso y conglomeraticas, matriz soportados. Vía Apartado San Pedro de Urabá.

FOTO 26. Litoarenitas de grano grueso y conglomeraticas, matriz soportados. Vía Apartado San Pedro de Urabá.

Cuaternario de Terrazas

FOTO 27. Deposito cuaternario de guijos gruesos matriz soportados, suprayaciendo de manera discordante a la unida Pavo Superior. Sector de El Mocho vía a la Vereda Piedras Blancas.

FOTO 28. Deposito cuaternario compuesto de base a tope por lodolitas suprayacidas por conglomerados de guijos gruesos clastosoportados. Vereda Remigio, Rio Gudua.

FOTO 29. Deposito cuaternario compuesto por conglomerados de guijos gruesos subredondeados matriz y clastosoportados, con geometrías lenticulares e imbricación. Vereda Remigio

FOTO 30. Detalle de un depósito cuaternario compuesto por conglomerados de guijos gruesos subredondeados matriz y clastosoportados, con geometrías lenticulares e imbricación. Vereda Remigio

FOTO 31. Volcán de Lodo del Alto de Mulatos, con un diámetro aproximado de 40m y una altura que no supera el metro.

FOTO 32. Volcán de Lodo del Alto de Mulatos. Burbuja de lodo con manchas de petróleo.

FOTO 33. Batolito de Mande, tonalita con xenolitos de composición basáltica? Río Tanela, municipio de balboa, Choco.

FOTO 34. Batolito de Mande, tonalita con xenolitos de composición basáltica? Río Tanela, municipio de balboa, Choco.

FOTO 35. Batolito de Mande, tonalita con diques centimétricos de composición ligeramente mas básica. Río Titisa, Municipio de balboa, Choco.

FOTO 36. Batolito de Mande, tonalita con procesos avanzados de saprolitización y caolinitización. Vía Acandí – Balboa, Choco.

FOTO 37. Batolito de Mande, tonalita con procesos avanzados de saprolitización y caolinitización. Vía Acandí – Balboa, Choco.

FOTO 38. Batolito de Mande, tonalita con procesos avanzados de saprolitización y caolinitización. Vía Acandi – Balboa, Choco.

FOTO 39. Brechas volcánicas / tobas líticas, con bloques angulares compuestos por andesitas, basaltos y basaltos amigdaloides. Playas de Titumate, Choco.

FOTO 40. Brechas volcánicas / tobas líticas, con bloques angulares compuestos por andesitas, basaltos y basaltos amigdaloides. Playas de Titumate, Choco.

FOTO 41. Lodolítas violáceas dispuestas en capas delgadas, intercaladas con esparitas. Titumate, Choco.

FOTO 42. Lodolítas violáceas dispuestas en capas delgadas, con venillas milimétricas de calcita. Titumate, Choco.

FOTO 43. Basaltos piroxénicos, con procesos de epidotización además de venillas milimétricas de sílice. Acandi, Choco.

FOTO 44. Basaltos piroxénicos, con procesos de epidotización además de venillas milimétricas de sílice. Acandi, Choco.

FOTO 45. Lavas almohadilladas con procesos de epidotización. Capurgana, Choco

FOTO 46. Lavas almohadilladas con procesos de epidotización. Capurgana, Choco

FOTO 47. Colinas angulares, de alturas que promedian los 20m, características de las Unidades Cuaternarias de Terrazas.

FOTO 48. Colinas redondeadas de pendientes bajas, con altura promedio de 25m, típicas de las Unidades Cuaternarias de Terrazas.

FOTO 49. Escarpes pronunciados fuertemente angulares con pendientes promedio de 40, y alturas de 150m, morfología típica de la Unidad Pavo inferior en un fuerte contraste con las zonas planas y de morfologías suaves del Cuaternario.

FOTO 50. Escarpes pronunciados fuertemente angulares con pendientes promedio de 40, y alturas de 150m, morfología típica de la Unidad Pavo inferior en un fuerte contraste con las zonas planas y de morfologías suaves del Cuaternario.

FOTO 51. Morfología de escarpes y acantilados producida por el Complejo Santa Cecilia – La Equis en el sector de Playona, Choco.

FOTO 52. Morfología de escarpes y acantilados producida por el Complejo Santa Cecilia – La Equis en el sector de Trigana, Choco.

FOTO 53. Morfología de colinas suaves y redondeadas con alturas que no sobrepasan los 30m. típicas del Batolito de Mande, 24Km al suroeste de Acandi.

FOTO 54. Morfología de colinas suaves y redondeadas con alturas que no sobrepasan los 30m. típicas del Batolito de Mande, 24Km al suroeste de Acandi.

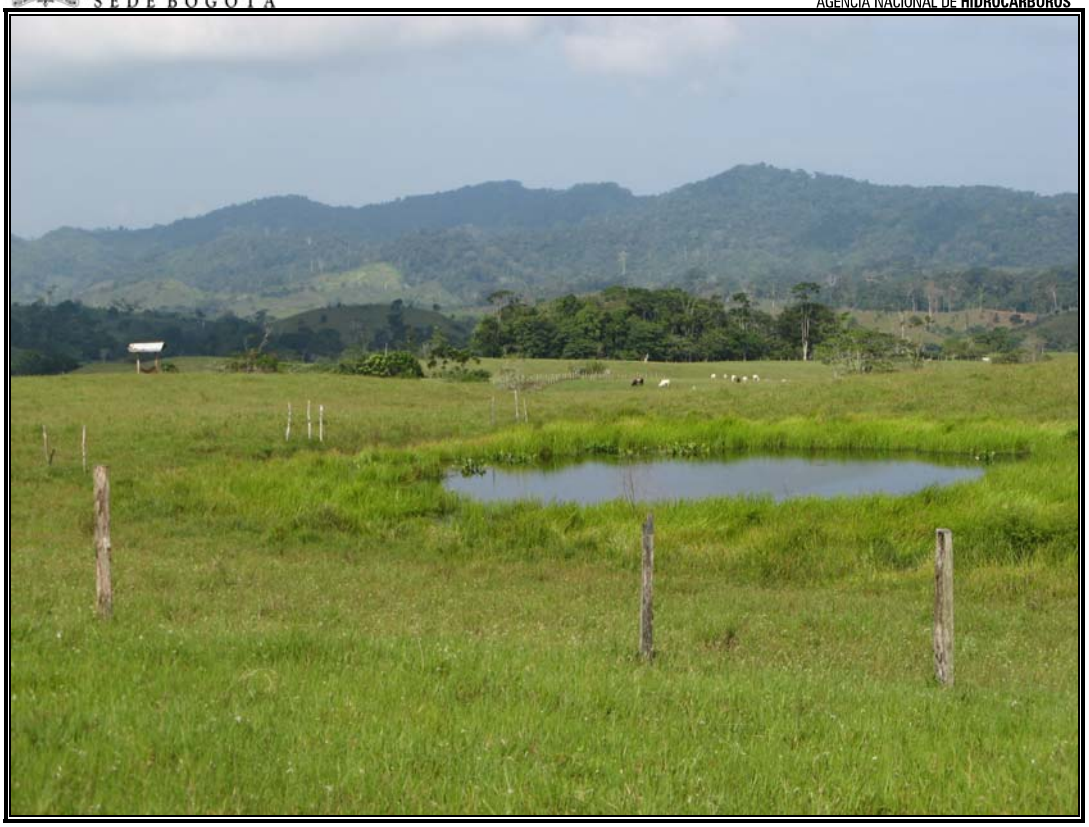


FOTO 55. Vista panorámica donde se observa el cambio morfológico, entre los cerros angulares y escarpados producidos por el Complejo Santa Cecilia – La Equis (Al fondo) y el relieve suave y redondeado, característico del Batolito de Mande, Acandi, Choco.

Foto 56. Morfología escarpada asociada al Batolito de Mande, en el sector de Belén de Bajira y Lomas Aisladas, Antioquia.

FOTO 57. Cangrejo de agua dulce o Jaiba, es muy común encontrarla cerca de arroyos o cascadas. Vía a la vereda Piedras Blancas.

FOTO 58. La variedad de flora es muy amplia, tanto de árboles mayores, como de arbustos, gramíneas y plantas florales.

FOTO 59. Gavilán o Cari-Cari, es muy encontrarlo en zonas de bosques o en las zonas de ganadería.

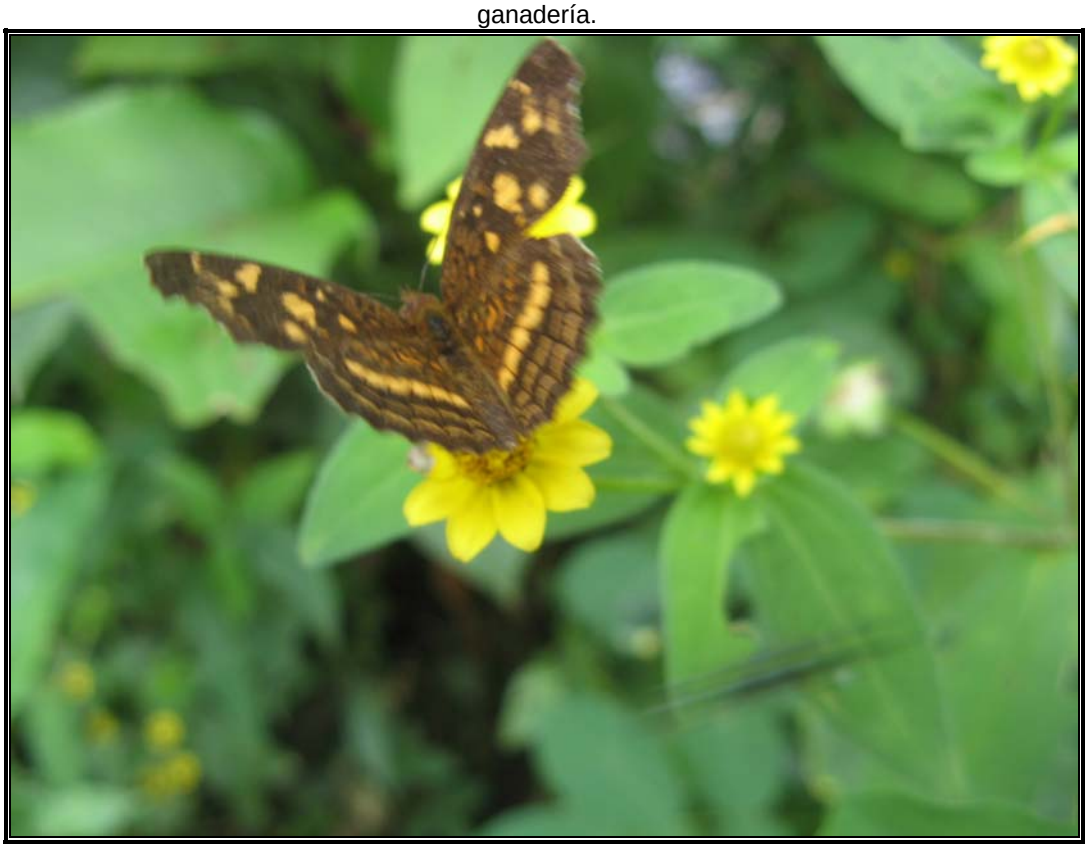


FOTO 60. Asociado a la innumerable cantidad de flores, se encuentran múltiples variedades de mariposas.

FOTO 61. La variedad de flora es muy amplia, tanto de árboles mayores, como de arbustos, gramíneas y plantas florales.

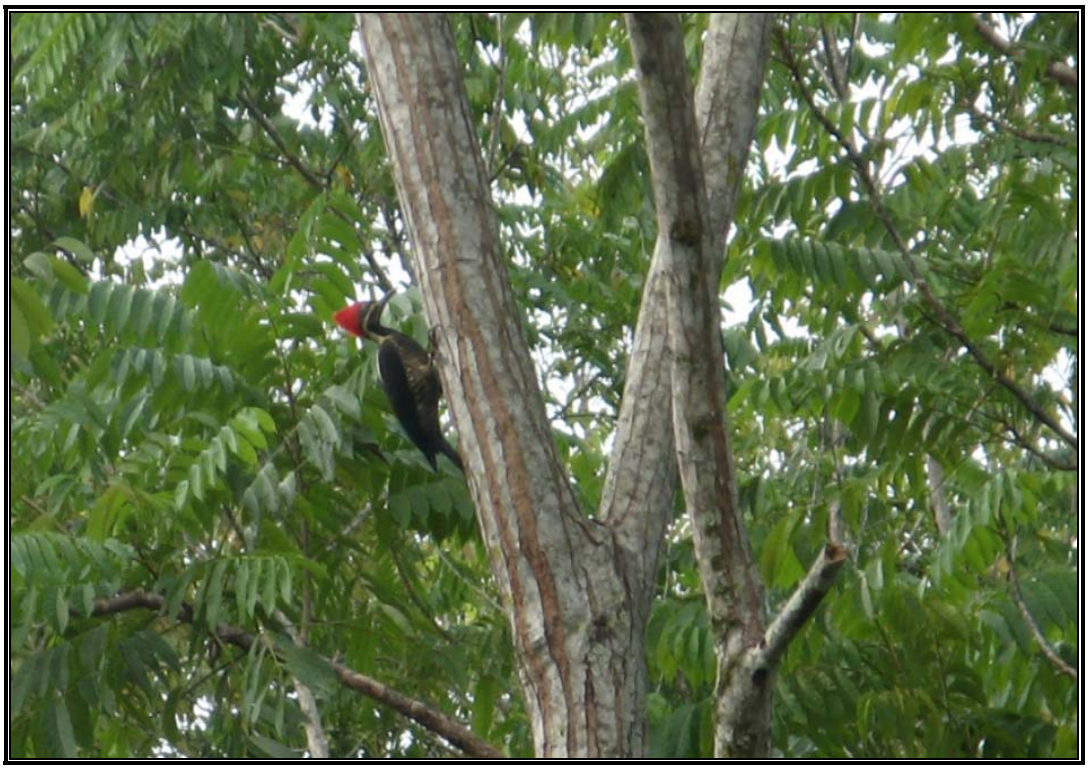


FOTO 62. Pájaro Carpintero, sobre un árbol de Teca, es muy común escucharlos en las zonas rurales del Urabá Antioqueño, sin embargo es bastante difícil obtener una fotografía de este pequeño pájaro.

FOTO 63. Caracoles en las playas de Capurgana, Choco.

FOTO 64. Rana venenosa Capurgana, Choco.

FOTO 65. Planta de producción, corte y embalaje de Banano. La industria bananera es el principal medio sostenible del Urabá Antioqueño.

FOTO 66. Planta de producción, corte y embalaje de Banano. En esta fase de la producción se lava y se selecciona el banano por tamaño y grosor.

FOTO 67. Además de la producción de banano y plátano, la ganadería es el segundo medio de producción más importante en la zona de trabajo, especies como Brahman y Criolla son las más extendidas.

FOTO 68. La sobreproducción de banano y los trámites burocráticos, hacen más rentable, desechar los excesos de banano que regalarlo a la población del sector.

FOTO 69. Vivienda típica de las comunidades Embera, que habitan las zonas orientales del área de estudio.

FOTO 70. Niños Embera, en la comunidad de Los Indios, en cercanías a Chigorodo.

FOTO 71. Infancia en el sector de Alto de Mulatos.

FOTO 72. Infancia en el sector de Alto de Mulatos.

FOTO 73. Las vías de acceso a las veredas corresponden a trochas en regular estado donde es común que los camiones madereros se atollen, y obstaculicen el paso, incluso por horas, este impedimento es mas frecuente en época de invierno.

FOTO 74. El medio de trasporte mas usado en las veredas consiste en jeeps o WAS que son capaces de trasportar a más de 20 personas.

FOTO 75. Los medios de trasporte en el sector de Acandi y alrededores consisten esencialmente, en vehículos de tracción animal, como el de la foto, y chalupas o lanchas con motores fuera de borda.

FOTO 76. Los medios de trasporte en el sector de Acandi y alrededores consisten esencialmente, en vehículos de tracción animal, y chalupas o lanchas con motores fuera de borda. El trasporte en estos medio dificulta y retrasa las labores de campo, debido a que no

todos los sectores costeros son accesibles y se esta sujeto a la presencia de bahías para poder desembarcar.

FOTO 77. Lancha de trasporte de pasajeros entre Turbo y Acandi – Capurgana, Choco.

FOTO 78. Uno de los medios de trasporte más efectivos en la zona de Acandi es la motocicleta pese a los riesgos de seguridad que se corren.

FOTO 79. Atardecer en las playas de Necocli.

FOTO 80. Vista general de las playas de Necocli.

FOTO 81. Vista general del Volcán de Lodo de Arboletes a una hora de Montería.

FOTO 82. Zonas costeras de El Tie, en cercanías a Turbo

FOTO 83. Ronda por el Río Sinú en Montería, que ha sido remodelada como un pasaje turístico con diversas especies animales como monos auyadores.

FOTO 84. Ronda por el Río Sinú en Montería, que ha sido remodelada como un pasaje turístico con diversas especies animales como monos auyadores e iguanas.

FOTO 85. Entrada a la bahía de Trigana, Choco.

FOTO 86. Playas de Titumate, Choco.

FOTO 87. Playas de Titumate, Choco.

FOTO 88. Bahía de El Aguacate, a 10 minutos en lancha hacia el sur de Capurgana.

660000 675000 690000 705000 720000 735000 750000

1455000 1440000 1425000 1410000 1395000 1380000 1365000 1350000

GOLFO DE URABÁ

Necoclí
El Oasis
Arboletes
Santa Fe de Antioquia
Turbo
Apartadó
Carepa
Chigorodó
Mutatá
Dabeiba
Peque
Uramita
Frontino
Urrao
Abriaquí
Cañasgordas
Caicedo
Giraldo
Heliconia
Armenia
Sopetrán
Santa Fe de Islito
Nueva Granada
Puerto Colombia
Puerto Giraldo
Puerto Escondido
Puerto Libertador
Montería
Cereté
Ciénaga de Oro
Sahagún
Chinú
Sincelejo
Corozal
Sampués
Tolú
Coveñas
Palmito
Los Palmitos
Morroa
Majagual
Sincé
Galeras
Guaranda
Caimito
Colosó
Ovejas
Chalán
Los Palmitos
Toluviejo
San Onofre
Ciénaga de Oro
Planeta Rica
Pueblo Nuevo
Buenavista
Pueblo Nuevo
Tierralta
Valencia
Puerto Escondido
Puerto Libertador
Montería
Cereté
Ciénaga de Oro
Sahagún
Chinú
Sincelejo
Corozal
Sampués
Tolú
Coveñas
Palmito
Los Palmitos
Morroa
Majagual
Sincé
Galeras
Guaranda
Caimito
Colosó
Ovejas
Chalán
Los Palmitos
Toluviejo
San Onofre
Ciénaga de Oro
Planeta Rica
Pueblo Nuevo
Buenavista
Pueblo Nuevo
Tierralta
Valencia

FALLA MUTATÁ
FALLA LOS VOLCANES
FALLA EL CONGO
SINCLINAL DE TULIPAS
FALLA DE MATEPLATANO
FALLA EL CONGO
FALLA DE TURBO
FALLA ALMAGRITAS
SINCLINAL DE TUCURA
FALLA QUIMARY
FALLA EL BILLETE
S. JARAGUAY

Proyección Transversa de Mercator,
Esferoide: Internacional 1909
Datum: Observatorio Bogotá
Factor de escala: 1´000.000
Longitud: 74 04 51.3 W
Latitud: 04 35 56.57 N
Falso Este: 1´000.000
Falso Norte: 1´000.000

5 0 5 Kilometers

IMAGEN DE BASE: MOSAICOS RADAR EN ANAGLIFO
TERRASAR-X Y ALOS PALSAR BANDA L

LEYENDA

UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS

DEPÓSITOS INCONSOLIDADOS DEL CUATERNARIO

Qvl DEPÓSITOS DE VOLCANES DE LODO

Qal DEPÓSITOS ALUVIALES

Qmc DEPÓSITOS MARINOS COSTEROS

Qm DEPÓSITOS MARINOS

Qfm DEPÓSITOS FLUVIOMARINOS

ROCAS SEDIMENTARIAS DEL NEÓGENO

Ngco FORMACIÓN CORPA
Sucesiones de conglomerados de tamaño canto grueso a gránulos, compuestos por abundantes basaltos, cuarzos, tonalitas, con matriz arenosa de grano grueso compuesta por cuarzo y líticos. Se presentan intercalados con arenitas finas a gruesas y en algunos casos arcillolitas, en capas delgadas a gruesas, con estratificación cruzada, angular y en artesa.

Ngam FORMACIÓN ARENAS MONAS
Conglomerados arenosos, sublitoarenitas conglomeráticas, con gránulos, guijos y guijarros de cuarzo, chert y líticos negros, dispuestos en capas gruesas a muy gruesas, masivas y con estratificación cruzada; se presenta interestratificaciones de sublitoarenitas de grano fino y arcillolitas limosas, con coloraciones grises con vetas rojas, en capas gruesas a muy gruesas.

Ngmp FORMACIÓN MORROCOY - EL PANTANO
Limolitas y lodolitas, color beige-café, con niveles supeditados de arenitas de grano muy fino, dispuestas en capas gruesas a muy gruesas planoparalelas, tabulares. Con restos fósiles de plantas o algas, conchas y foraminíferos.

Ngpa FORMACIÓN PAUJIL
Limolitas y arenitas de grano muy fino con estratificación planar planoparalela en capas delgadas a gruesas de color gris ratón, gris claro, amarillo café y rojizo, con evidencia de bioturbación.

Ngf FORMACIÓN FLORESANTO
Lutitas, dispuestas en capas delgadas a muy gruesas, de color pardo amarillento y rojizo, concreciones calcáreas y restos de plantas. Interestratificaciones de limolitas ligeramente calcáreas y litoarenitas de grano fino a medio muy friables.

Ngps FORMACIÓN PAVO SUPERIOR
Limolitas ligeramente arcillosas y lodolitas, color gris claro, oscuro y ocre rojizo, dispuestas en láminas gruesas a capas medias, tabulares, con estratificación planoparalela, interestratificadas con sublitoarenitas de grano fino y medio, en capas medias, tabulares, con abundantes fragmentos de plantas, restos de carbón y evidencias de bioturbación.

Ngpi FORMACIÓN PAVO INFERIOR
Capas medias a muy gruesas de litoarenitas gris verdosas a gris medio, de grano medio, fino y muy fino en algunos niveles con cemento calcáreo, interestratificadas con capas delgadas a medias de limolitas, limolitas calcáreas arenosas y arcillolitas gris verdosas a marrones.

ROCAS ÍGNEAS DEL PALEOGÉNO

Ngco BATOLITO DE MANDÉ
Tonalitas y granodioritas en la facies predominante, cuarzodioritas porfídicas y pórfidos cuarzodioríticos con facies más básicas hacia los bordes. El cuerpo es intruido por pórfidos andesíticos y dacíticos. Xénolitos máficos con cristales de hornblenda y piroxenos.

ROCAS VOLCANO-SEDIMENTARIAS DEL CRETACEO

Kvsx COMPLEJO VOLCÁNICO SANTA CECILIA LA EQUIS
Flujos lávicos básicos, brechas, aglomerados, tobas, con niveles locales de lavas almohadilladas e intercalaciones de limolitas, lodolitas calcáreas, chert y microesparitas

CONVENCIONES

- CONTACTO GEOLÓGICO
- FALLA GEOLÓGICA
- LINEAMIENTO ESTRUCTURAL
- FALLA CUBIERTA
- EJE SINCLINAL
- EJE ANTICLINAL

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
DEPARTAMENTO DE GEOCIENCIAS
AGENCIA NACIONAL DE HIDROCARBUROS

CARTOGRAFIA GEOLOGICA Y MODELAMIENTO ESTRUCTURAL DE LAS CUENCAS DE URABÁ Y SINÚ-SAN JACINTO A PARTIR DE LA INTERPRETACION DE IMÁGENES DE SENSORES REMOTOS Y MONITOREO SISMICO

MAPA GEOLÓGICO ESTRUCTURAL

Procesamiento e interpretación:	Control de Campo:	Director Proyecto	Edición:	Fecha:	Mapa:
Germán Vargas Cuervo	Edward Salazar Vladimir Zapata Fernando Castro	Orlando Hernandéz	Germán Vargas Cuervo	Febrero 2009	No

GOLFO DE URABÁ

640000 660000 680000 700000 720000 740000 760000 780000

1460000 1440000 1420000 1400000 1380000 1360000 1340000 1320000

Capurgana-Salzurro
Acandi-Antena
Acandi
El Oasis
Titigana-Camino Comunitario
Titumate
Balboa
Balboa Arroz
Balboa Arroz 2
El Cilgal
Santa María
Unguia
Unguia Antena Comcel
Peya
Santuario
Puerto Libre
Quenavista
Honda
Río Bonito
Necoclí Cerro del Iguala
Necoclí
Necoclí Antena Movistar
Bellavista
Garrapatas
Pueblo Nuevo Bahai Cerito
Curbia-Cano Interio
Estación Changes Antena Comcel
Estación Arboletes-La Ponderosa
Arboletes-San Pan
Zapata-Gigantom Piedras Negras
Cadillo Hidrosta
Mirlatina-Los Galpones
Santafe de Islito
El Totumo
El Totumo Nueva Luz
La Casa Blanca
Nueva Granada
Nueva Granada
San Pedro Verada Pueblito
Valencia-La Rusia
El Dos
Estación Turbo Piedrasnegras
Estación Alto Mulatos
Turbo
El Tres
Estación Los Flores La Mel
Nueva Antioquia
Cornulla
Cornulla La Arenosa
Apartadó
Estación Apartadó Carretera de Urra
El Embarcadero
Carrera San Rafael Tres Esquinas
Carepa
Chigorodó
Estación Chigorodó Vía Dabeiba
Estación El Conejo
Tumaradó Carrera El Guayacán
El Tigre
Barranquillita
Estación Alto
Carlos del Cuchillo
Río Bonito
Estación Arboletes-La Ponderosa
Estación Arboletes-La Ponderosa
Estación Arboletes-San Pan
Zapata-Gigantom Piedras Negras
Cadillo Hidrosta
Mirlatina-Los Galpones
Necoclí Cerro del Iguala
Estación Changes Antena Comcel
Curbia-Cano Interio
Necoclí Antena Movistar
Pueblo Nuevo Bahai Cerito
Estación Turbo Piedrasnegras
Estación Alto Mulatos
Estación Los Flores La Mel
Nueva Antioquia
Carrera San Rafael Tres Esquinas
Tumaradó Carrera El Guayacán
Carlos del Cuchillo

FALLA LOS VOLCANES
FALLA MULATOS
FALLA EL CONGO
FALLA YORY
SINCLINAL DE TULIPA
FALLA DE MATABLATANOS
FALLA DE TURBO
FALLA ALMAGRITAS
FALLA EL GUAMO
FALLA TUCURA
FALLA LA ESPERANZA
FALLA QUINDARY
FALLA EL BILLETE
S. JARAGUAY

Proyección Transversa de Mercator,
Esferoide: Internacional 1909
Datum: Observatorio Bogotá
Factor de escala: 1´000.000
Longitud: 74 04 51.3 W
Latitud: 04 35 56.57 N
Falso Este: 1´000.000
Falso Norte: 1´000.000

5 0 5 Kilometers

ESTACIÓN SISMOLÓGICA PROPUESTA

IMAGEN DE BASE: MOSAICOS RADAR EN ANAGLIFO
TERRASAR-X Y ALOS PALSAR BANDA L

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
DEPARTAMENTO DE GEOCIENCIAS
AGENCIA NACIONAL DE HIDROCARBUROS

CARTOGRAFIA GEOLOGICA Y MODELAMIENTO ESTRUCTURAL DE LAS CUENCAS DE URABÁ Y SINÚ-SAN JACINTO A PARTIR DE LA INTERPRETACION DE IMÁGENES DE SENSORES REMOTOS Y MONITOREO SISMICO

LOCALIZACIÓN DE ESTACIONES SISMOLÓGICAS PROPUESTAS

Procesamiento e interpretación:	Dieño	Director Proyecto	Edición:	Fecha:	Mapa:
Germán Vargas Cuervo	Martin Pacheco Jhon J. Franco	Orlando Hernandéz	Germán Vargas Cuervo	Febrero 2009	No

MAR CARIBE

GOLFO DE URABÁ

640000 660000 680000 700000 720000 740000 760000

1480000 1460000 1440000 1420000 1400000 1380000 1360000 1340000 1320000

5 0 5 10 Kilometers

1 : 200000

FALLA PRINCIPAL DE PRIMER ORDEN

FALLA SECUNDARIA DE SEGUNDO ORDEN

FALLA SECUNDARIA DE SEGUNDO ORDEN

ESTRUCTURAS CIRCULARES DE VOLCÉNES DE LODO

MAPA ESTRUCTURAL GENERAL