SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO

MinMinas Ministerio de Minas y Energía

PROSPERIDAD PARA TODOS

DIRECCIÓN DE GEOCIENCIAS BÁSICAS

ESTUDIOS DE CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA A ESCALA 1.100.000 BLOQUE 8 EN EL VICHADA

CONTRATO No. 2130206

PLANCHA 257 – CAÑO ARIBA

MEMORIA EXPLICATIVA

Medellín, abril de 2014

SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO

MinMinas Ministerio de Minas y Energía

PROSPERIDAD PARA TODOS

DIRECCIÓN DE GEOCIENCIAS BÁSICAS

ESTUDIOS DE CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA A ESCALA 1.100.000 BLOQUE 8 EN EL VICHADA

CONTRATO No. 2130206

PLANCHA 257 – CAÑO ARIBA

MEMORIA EXPLICATIVA

Elaborado por: CONSORCIO GEOMINAS-GEMI

Director Proyecto: Humberto González I.
Coordinador: Andrés Escobar G
Geólogo: Carlos M. Cáceres M.
Geólogo: Ricardo A. Correa A.
Geólogo: Luis F. Ayala C.
Geólogo: Fray F. Fernández M.
Geóloga: Isabel C. Villada A.
Profesional SIG: Francisco J. López A.

Medellín, abril de 2014

CONTENIDO

Pág.

RESUMEN **13**

ABSTRACT **14**

INTRODUCCIÓN **15**

1 GENERALIDADES **16**

1.1 LOCALIZACIÓN **16**
1.2 VÍAS DE ACCESO **19**
1.3 POBLACIÓN **21**
1.3.1 Infraestructura 22
1.3.2 Resguardos indígenas 22
1.4 CLIMA Y VEGETACIÓN **23**
1.5 FISIOGRAFÍA **24**
1.6 HIDROGRAFÍA **24**
1.7 SUELOS **26**
1.7.1 Suelos asociados a altillanura 26
1.7.2 Suelos asociados a planicies aluviales 27
1.8 ACTIVIDAD ECONÓMICA **27**

2 METODOLOGÍA **28**

2.1 RECOPILACIÓN Y REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA **28**
2.2 COMPLEMENTACIÓN DE LA BASE CARTOGRÁFICA **29**
2.3 FOTOINTERPRETACIÓN **29**
2.4 SOCIALIZACIÓN **31**
2.5 TRABAJO DE CAMPO **31**
2.6 ANÁLISIS DE LABORATORIO E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS **32**
2.6.1 Petrografía 32
2.6.2 Calcografía 33
2.6.3 Geoquímica 33
2.6.4 Radiocarbono 34
2.6.5 Palinología 34
2.7 ELABORACIÓN DEL MAPA GEOLÓGICO E INFORME FINAL **35**

3 GEOMORFOLOGÍA 36

4 GEOLOGÍA REGIONAL 39

4.1 ESTRATIGRAFÍA 39
4.1.1 Cenozoico 41
4.1.2 Correlación estratigráfica 49

5 GEOLOGÍA LOCAL 53

5.1 UNIDADES LITOLÓGICAS 53
5.1.1 Depósitos aluviales en penillanura (Qp) 53
5.1.2 Depósitos aluviales en penillanura con cobertura eólica (Qpe) 60
5.1.3 Depósitos de terraza (Qt) 63
5.1.4 Depósitos asociados a costras ferruginosas (Qcf) 65
5.1.5 Depósitos aluviales (Qa) 70

6 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL 76

6.1 CONFIGURACIÓN TECTÓNICA 77
6.2 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL LOCAL 78

7 GEOLOGÍA ECONÓMICA 79

7.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS GEOQUÍMICOS 79
7.1.1 Aluminio (Al) 80
7.1.2 Hierro (Fe) 81
7.1.3 Manganeso (Mn) 81
7.1.4 Zinc (Zn) 81
7.1.5 Vanadio (V) 82
7.1.6 Cromo (Cr) 82
7.1.7 Arsénico (As) 83
7.1.8 Difracción de Rayos X (DRX) 83
7.1.9 Fluorescencia de Rayos X (FRX) 84
7.2 INFORMACIÓN DEL CATASTRO MINERO COLOMBIANO - CMC 84
7.3 CARACTERIZACIÓN DE ÁREAS POTENCIALES 85
7.3.1 Costras ferruginosas 85
7.3.2 Arcillas 86

8 EVOLUCIÓN GEOLÓGICA 87

9 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 93

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 94

LISTA DE FIGURAS

Pág.

Figura 1. Localización general del Bloque 8. 17

Figura 2. Localización de la Plancha 257 - Caño Ariba..... 18

Figura 3. Mapa de las principales vías de acceso para el Bloque 8..... 20

Figura 4. Resguardos indígenas en la Plancha 257 - Caño Ariba..... 23

Figura 5. Hidrografía de la Plancha 257 - Caño Ariba..... 25

Figura 6. Espaciomapa de la Plancha 257 - Caño Ariba, elaborado a partir de la cartografía del IGAC y la imagen Aster. Nótese los colores verdes oscuros que corresponden a vegetación densa asociada a las terrazas del río Vichada y a la selva de Matavén, los colores verdes claros corresponden a los depósitos de penillanura y los colores claros cremas indican acumulaciones de arena. 30

Figura 7. Bloque diagrama con las geoformas de la Plancha 257 – Caño Ariba. 37

Figura 8. Correlación de unidades litoestratigráficas regionales del piedemonte de la Cordillera Oriental y del subsuelo (modificado de Renzoni, 1985; Dueñas & Van Der Hammen, 2007). 40

Figura 9. Correlación entre las formaciones geológicas de la Cordillera Oriental y las del piedemonte llanero, sombreado en el extremo derecho (modificado de Ulloa *et al*., 2001). 41

Figura 10. Correlación entre la nomenclatura para el Cenozoico utilizada en superficie y en el subsuelo del piedemonte llanero (tomado de Dueñas & Van Der Hammen, 2007)..... 44

Figura 11. Columna generalizada a escala 1:4.000 del pozo SALTARIN-1A, mostrando las superficies de correlación y los ambientes de acumulación para algunas unidades (tomado de Bayona *et al*., 2008). 46

Figura 12. Correlación estratigráfica de las rocas del Eoceno al Pleistoceno en el piedemonte llanero, la cuenca del Catatumbo y la cuenca de los Llanos (tomado de Bayona *et al*., 2008). 47

Figura 13. Columna esquemática de superficie para el Plioceno Superior, Pleistoceno y Holoceno en áreas adyacentes al Bloque 8 (tomado de Alvarado *et al*., 2010a). 48

Figura 14. Bloque diagrama de la Plancha 257 – Caño Ariba. 54

Figura 15. Bloque diagrama donde se muestra la relación de las costras ferruginosas en los paisajes disectados de la penillanura. 66

Figura 16. Columna estratigráfica de depósito aluvial, sobre la margen izquierda del río Vichada. Estación DPS-0222, 978.610.m.N. y 897.172.m.E..... 73

Figura 17. Bloque diagrama con la configuración estructural de la cuenca de los Llanos Orientales. 76

Figura 18. Composición mineralógica por unidad geológica. 83

Figura 19. Localización de solicitudes mineras en la Plancha 257 – Caño Ariba. 84

Figura 20. Evolución de la cuenca de los Llanos Orientales (modificado de Sarmiento, 2011)..... 90

Figura 21. Bloque diagrama de los Llanos Orientales desde el piedemonte hasta el río Orinoco..... 92

LISTA DE TABLAS

Pág.

Tabla 1. Coordenadas de la Plancha 257 – Caño Ariba. 16

Tabla 2. Centros poblados cercanos a la zona de estudio. 22

Tabla 3. Resguardos, población indígena y su área correspondiente dentro de la Plancha 257 – Caño Ariba. 22

Tabla 4. Imágenes analizadas en la Plancha 257 - Caño Ariba. 30

Tabla 5. Lugares de socialización Plancha 257 - Caño Ariba. 31

Tabla 6. Análisis realizados en la Plancha 257 – Caño Ariba. 34

Tabla 7. Tipo de análisis vs laboratorio. 35

Tabla 8. Unidades geomorfológicas en la Plancha 257 – Caño Ariba. 37

Tabla 9. Resumen de correlación de unidades litológicas presentes en el área de la Plancha 257 - Caño Ariba, según la cartografía regional. 52

Tabla 10. Resultados mineralógicos de DRX (%) en los depósitos de penillanura. 56

Tabla 11. Resultados palinológicos en los depósitos de penillanura. 58

Tabla 12. Resultados palinológicos en los depósitos de penillanura con cobertura eólica. 63

Tabla 13. Muestras analizadas petrográficamente en la unidad de costras ferruginosas. 68

Tabla 14. Resultados mineralógicos de DRX (%) en los depósitos aluviales. .. 74

Tabla 15. Resultados palinológicos en los depósitos aluviales. 75

Tabla 16. Rangos y muestras anómalas en el contenido de Al (%). 80

Tabla 17. Rangos y muestras anómalas en el contenido de Fe (%). 81

Tabla 18. Resultados obtenidos del análisis volumétrico de Fe (%). 81

Tabla 19. Rangos y muestras anómalas en el contenido de Mn (ppm). 81

Tabla 20. Rangos y muestras anómalas en el contenido de Zn (ppm). 82

Tabla 21. Rangos y muestras anómalas en el contenido de V (ppm). 82

Tabla 22. Rangos y muestras anómalas en el contenido de Cr (ppm)..... 82

Tabla 23. Rangos y muestras anómalas en el contenido de As (ppm). 83

Tabla 24. Resultados de óxidos mayores obtenidos mediante FRX (%). 84

Tabla 25. Listado de solicitudes mineras en la Plancha 257 – Caño Ariba..... 85

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

Pág.

Fotografía 1. Carreteable entre Patio Bonito y Palmarito, municipio de Cumaribo (1.000.900.m.N. y 860.000.m.E). 21

Fotografía 2. Transporte en lancha rápida por el río Vichada, municipio de Cumaribo (995.000.m.N. y 916.200.m.E). 21

Fotografía 3. Inspección Palmarito, municipio de Cumaribo (1.002.500.m.N. y 865.500.m.E). 21

Fotografía 4. Centro poblado de Cumaribo (983.000.m.N. y 1.140.500.m.E). .. 21

Fotografía 5. Selva de transición, margen derecha del río Vichada, municipio de Cumaribo (1.003.000.m.N. y 920.000.m.E). 25

Fotografía 6. Planicie de penillanura sin disección, en la vía hacia la Laguna Iboto, al sur de caño Rojo. Estación RCA-0145, 995.754.m.N. y 910.803.m.E. 54

Fotografía 7. Relieve ondulado de penillanura baja, disectada, en la vía hacia el río Vichada, al este de caño Camonianae. Estación JTV-0274, 977.499.m.N. y 891.040.m.E. 55

Fotografía 8. Penillanura en zona de “bajos”, donde se observa un “estero”, finca Jamurí. Estación JTV-0255, 997.860.m.N. y 880.490.m.E. 55

Fotografía 9. Talud en arcillas arenosas en depósitos en penillanura. Obsérvese la variación de color marrón claro, al techo, a naranja pálido, abigarrado, a la base, margen izquierda del río Vichada. Estación DPS-0223, 980.873.m.N. y 901.761.m.E. 56

Fotografía 10. Carcavamiento en depósitos en penillanura, cabecera del caño Tojibo, finca La Esperanza, empresa Camaira. Estación DPS-0270, 982.868.m.N. y 892.316.m.E. 57

Fotografía 11. Talud de erosión donde se exponen los depósitos arcillosos en penillanura, margen derecha del río Vichada. Estación GAM-0076, 980.326.m.N. y 905.542.m.E. 57

Fotografía 12. Arenas finas sueltas superficiales, de color gris muy claro, asociadas a depósitos eólicos, sobre el carreteable que conduce a la finca Iboto, municipio de Cumaribo (995.000.m.N. y 910.000.m.E). 61

Fotografía 13. Detalle de arenas eólicas formando una capa discontinua en la superficie, de color marrón pálido, la cual cubre parcialmente los sedimentos arcillosos de penillanura, de color marrón oscuro. Estación GAM-0110 (986.818.m.N. y 899.075.m.E.), al norte de caño Tojibo. 62

Fotografía 14. Capa continúa y espesa de arenas eólicas, de color gris claro a medio, en sabanas de la finca Camaira. Estación JTV-0264, 993.542.m.N. y 908.270.m.E. 62

Fotografía 15. Talud en depósito areno lodoso de terraza, en la margen derecha del río Vichada, donde sobresale la cobertura de vegetación arbórea. Estación DPS-0218, 972.236.m.N. y 889.667.m.E. 64

Fotografía 16. Planicie en depósito de terraza en la margen derecha del río Vichada, compuesto por arenas lodosas. Al fondo se observa un pequeño escarpe donde afloran sedimentos arcillosos de penillanura. Estación DPS-0217, 974.846.m.N. y 890.964.m.E. 65

Fotografía 17. Penillanura disectada, con relieve ligeramente ondulado y presencia de costras ferruginosas en superficie, finca La Tawara, junto a caño Bejuco. Estación RCA-0118, 999.361.m.N. y 891.178.m.E. 65

Fotografía 18. Presencia de bloques de costras ferruginosas en relieve ligeramente colinado, sobre la margen izquierda del río Vichada, sector Tamaracoco. Estación RCA-0153, 972.598.m.N. y 882.598.m.E. 66

Fotografía 19. Colinas bajas y suaves en relieves ondulados, asociados con la presencia fragmentos de costras ferruginosas, al norte de caño Ariba, en la vereda Nueva Colombia. Estación JTV-0250, 998.497.m.N. y 899.307.m.E. ... 67

Fotografía 20. Detalle de arenita ferruginosa con presencia de un clasto de limolita oxidada. Sector Tamaracoco, estación RCA-0153, 972.598.m.N. y 882.598.m.E. 68

Fotografía 21. Bloque de costra ferruginosa con pseudo-laminación. Sector Tamaracoco, estación RCA-0153, 972.598.m.N. y 882.598.m.E. 68

Fotografía 22. Sección delgada IGM-5006566: granos de cuarzo monocristalino (Qtz) inequigranulares, manchados y con marcas de abrasión, cementados por minerales de hierro (Cfe). Escala 3,1 x 2,5 mm. PPL y XPL. 69

Fotografía 23. Sección pulida IGM-5006566: cemento hematítico (He) rellenando parcialmente los espacios y presencia de poros intergranulares (Por). Luz reflejada. Escala 1,0 x 0,74 mm. 69

Fotografía 24. Planicie extensa de depósito aluvial, en la margen derecha del río Vichada cubierta por pastos. Estación GAM-0078, 990.483.m.N. y 910.461.m.E. 71

Fotografía 25. Talud en sedimentos arenosos de depósito aluvial reciente en la margen derecha del río Vichada. Nótese la variación de colores según el contenido de materia orgánica. Estación GAM-0073, 977.186.m.N. y 896.632.m.E. 72

Fotografía 26. Talud erosivo que expone el depósito aluvial, en la margen izquierda del río Vichada, frente a la comunidad indígena Urbana. Sitio de levantamiento de columna, estación DPS-0222, 978.610.m.N. y 897.172.m.E. 72

Fotografía 27. Barra de arena en la margen izquierda del río Vichada. Estación DPS-0225, 984.975.m.N. y 907.698.m.E. 74

Fotografía 28. Detalle de arena de grano medio en barra de arena, margen izquierda del río Vichada. Estación GAM-0075, 978.177.m.N. y 901.750.m.E. 74

LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Inventario de recopilación bibliográfica.

Anexo B. Mapa de estaciones a escala 1:100.000.

Anexo C. Libretas de campo (archivo nativo).

Anexo D. Columnas estratigráficas.

Finca Entrepicas, estación RCA-0157.

Finca Camaira, estación DPS-0270.

Río Vichada, estación DPS-0222.

Anexo E. Mapa de muestreo a escala 1:100.000.

Anexo F. Listado de muestras recolectadas.

Anexo G. Mapa de muestras de laboratorio a escala 1:100.000.

Anexo H. Reportes de laboratorio de los análisis químicos (archivo nativo).

Anexo I. Mapa geológico a escala 1:100.000.

RESUMEN

La Plancha 257 – Caño Ariba está localizada en el sureste del departamento del Vichada, en el municipio de Cumaribo, con influencia del río Vichada que atraviesa la plancha en sentido SW-NE; una región de difícil acceso debido a la espesa vegetación de la selva Matavén que cubre el 60% del área.

En la plancha, las unidades pre-cenozoicas no afloran en superficie, por lo cual se hace referencia sólo al Cenozoico tardío, que de acuerdo con la posición estratigráfica y origen corresponden a sedimentos no consolidados de edad cuaternaria, se agrupan en unidades litológicas de acuerdo con sus características texturales, ambientes y procesos de formación en: depósitos de penillanura, de penillanura con cobertura eólica, de terraza, costras ferruginosas y aluviales.

La evolución geológica del área está enmarcada en los procesos que originaron y han afectado la cuenca de los Llanos Orientales, entre la Falla del Meta al oeste y que se extiende hacia el este hasta el río Orinoco, con un basamento precámbrico y una cubierta sedimentaria del Paleozoico y Cenozoico que ha sufrido a profundidad leves deformaciones.

En los trabajos de campo no se encontraron manifestaciones minerales de interés económico, sin embargo, algunos resultados geoquímicos indican valores anómalos asociados a las costras ferruginosas y arcillas caoliníticas.

ABSTRACT

The geological map sheet 257- Caño Ariba, is located at the southeast of the Vichada state, the entire area comprehend the Cumaribo municipality, it is influenced by the Vichada river that cross cut the sheet from southwest to northeast. This is a very hard access region due to the thick Mataven jungle that covers the 60% of the sheet.

On this sheet, the pre-Cenozoic units do not outcrop; therefore we will refer exclusively to late-Cenozoic. In agreement to the stratigraphic position and origin it corresponds to unconsolidated Quaternary sediments; they are grouped into lithological units regarding its textural characteristics, environment and formational processes into: peneplain deposits, eolian covered peneplain deposits, terraces, iron oxide layers and alluvium.

The geologic evolution of the area is framed into the processes that originated and affected the Llanos basin; it extends to the east by the Meta Fault (at west) and bounded at the east by the Orinoco river into Columbian territory. The basement is Precambrian with a Paleozoic and Cenozoic cover that has suffered small deformations at depth.

On the fieldwork it was not possible to find economically exploitable minerals, however, some geochemical results indicates anomalies on the iron oxide layers and kaolinite bearing claystones.

INTRODUCCIÓN

El Servicio Geológico Colombiano – SGC –, a través del Fondo Financiero de Proyectos de Desarrollo – FONADE –, desarrolló el Convenio Interadministrativo No. 211044 con el interés de "*Adelantar el conocimiento del modelo geológico integral del territorio colombiano, con el objeto de evaluar el potencial mineral del subsuelo de la nación*". Teniendo en cuenta lo anterior, FONADE bajo el Contrato No. 2130206 le otorgó al CONSORCIO GEOMINAS – GEMI, el proyecto denominado "*Estudios de cartografía geológica a escala 1:100.000 Bloque 8 en el Vichada*" cuyo objetivo es realizar el levantamiento de la información geológica, estructural y petrográfica de áreas sin cobertura geológica a escala 1:100.000. La Plancha 257 – Caño Ariba hace parte del Bloque 8, cubriendo una extensión de 2.400 km^2, en el departamento del Vichada.

Este proyecto involucró la recopilación y revisión de información bibliográfica, interpretación de imágenes de satélite, procesos de socialización en el área de estudio, trabajos de campo con estaciones de control, levantamiento de columnas estratigráficas y toma de muestras que permitieron obtener información petrográfica, calcográfica, geoquímica, palinológica y de radiocarbono, interpretación de resultados, elaboración del mapa geológico e informe final.

En esta memoria explicativa se consignan los resultados del estudio de cartografía geológica en esta plancha, en donde se describen las generalidades de la zona, los aspectos de geomorfología, geología regional, geología estructural, geología económica, evolución geológica, conclusiones, recomendaciones y bibliografía, así como la metodología empleada para su ejecución.

1 GENERALIDADES

El Bloque 8 está constituido por 9 planchas geológicas a escala 1:100.000, localizadas al este de Colombia, en la región de los Llanos Orientales abarcando parte de los departamentos de Meta, Casanare y Vichada (Figura 1), cubriendo un área de 18.900 km^2.

En este capítulo se presentan algunos aspectos regionales de la Plancha 257 – Caño Ariba, tales como localización, población, vías de acceso, clima, vegetación, hidrografía, suelos y actividad económica, entre otros.

1.1 LOCALIZACIÓN

La Plancha 257 – Caño Ariba a escala 1:100.000, se localiza en el sureste del departamento del Vichada y toda su área está comprendida en el municipio de Cumaribo (Figura 2).

Esta plancha cubre una extensión de 2.400 km^2 y está limitada por las coordenadas planas con Datum Magna-Sirgas origen en la zona Colombia Este-Este, usando la proyección Conforme de Gauss (Tabla 1).

Tabla 1. Coordenadas de la Plancha 257 – Caño Ariba.

Plancha	Coordenadas		Sistema de referencia y origen
	Norte	Este	
257 – Caño Ariba	1.000.000	880.000	MAGNA COLOMBIA ESTE-ESTE
	960.000	880.000	
	1.000.000	940.000	
	960.000	940.000	

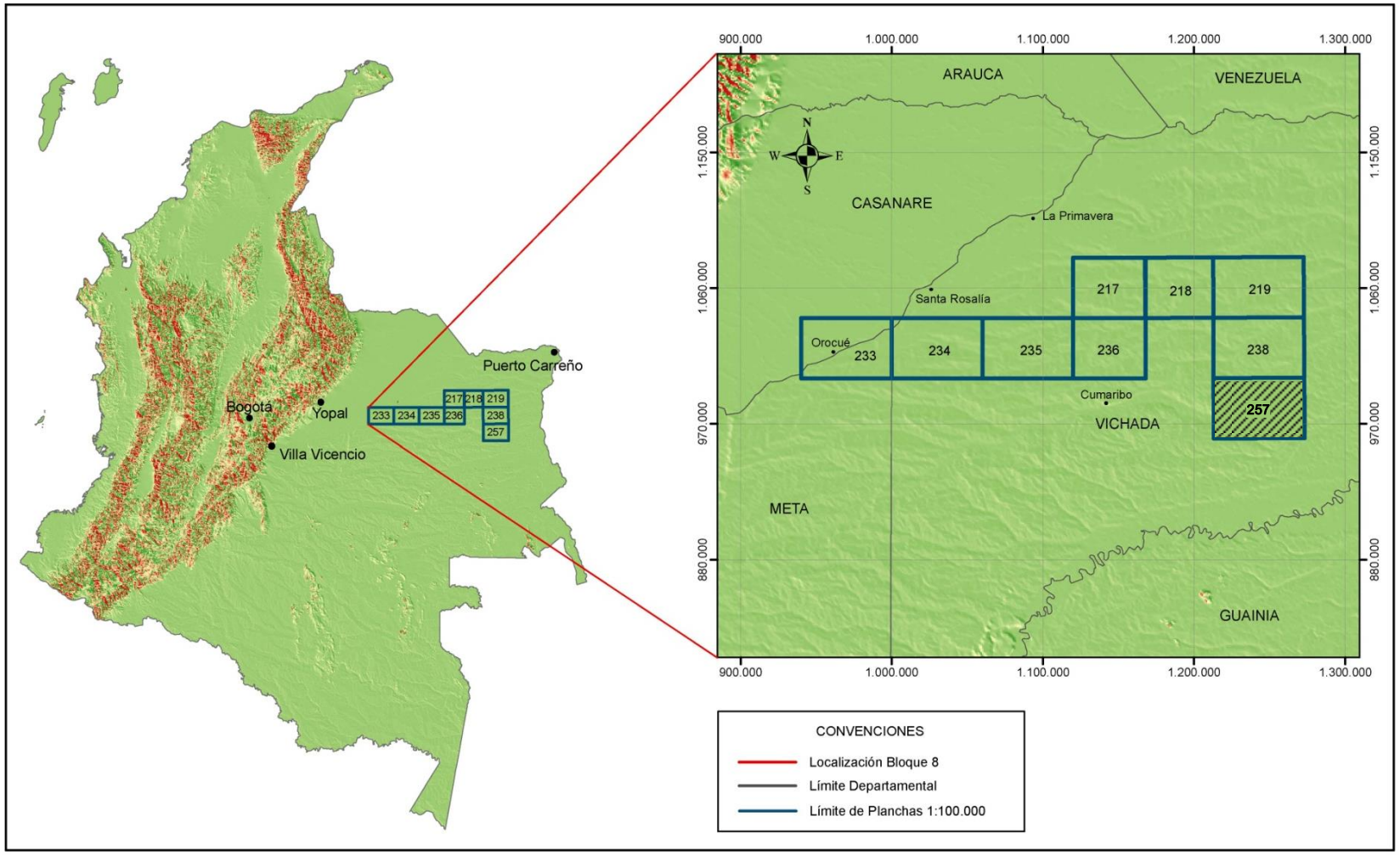


Figura 1. Localización general del Bloque 8.

Figura 2. Localización de la Plancha 257 - Caño Ariba.

1.2 VÍAS DE ACCESO

Los sistemas de transporte vial, aéreo y fluvial, existentes en la Plancha 257 – Caño Ariba, son deficientes o inexistentes, más aun si se considera que toda el área pertenece a zonas rurales y que la zona ubicada al sureste del río Vichada se encuentra cubierta por selva. Aunque el departamento del Vichada dispone de una oferta vial terrestre del orden primario, secundario y terciario, todas estas vías se encuentran en mal estado y solo son carreteables durante el verano.

El acceso al área del Bloque 8 se da a través del corredor vial que comunica a Villavicencio – Puerto López – Puerto Gaitán – Puente Arimena - Carimagua – Guacacias - Santa Rosalía – La Primavera – Puerto Carreño (Figura 3), vía que sólo está pavimentada hasta Puerto Gaitán, el resto corresponde a un carreteable de bajas especificaciones. Existe otro carreteable que comunica a Carimagua con el casco urbano del municipio de Cumaribo, vía que pasa por los poblados El Viento, El Progreso, Tres Matas y La Catorce.

La única vía terrestre de acceso a la Plancha 257 – Caño Ariba es la ruta:

- Puerto Gaitán – Puente Arimena – Carimagua – El Viento – El Progreso – Tres Matas – La Catorce – Cumaribo – Patio Bonito – Palmarito – Empresa Camaira (Fotografía 1). Esta vía permite el acceso al sector noroeste de la plancha, en la margen izquierda del río Vichada.

Además, en la zona existen algunas vías, la mayor parte de ellas solo para tránsito en motocicleta, que comunican a comunidades indígenas y haciendas existentes.

Otro sistema de comunicación es por vía aérea, mediante la utilización del aeródromo localizado en el área urbana del municipio de Cumaribo, y desde allí continuar la ruta por carretera (Figura 3).

Por vía fluvial se puede acceder a través del río Vichada (Fotografía 2), mediante la utilización de lanchas rápidas y bongos, tanto desde Cumaribo, al oeste, como desde Santa Rita, poblado ubicado al noreste del área.

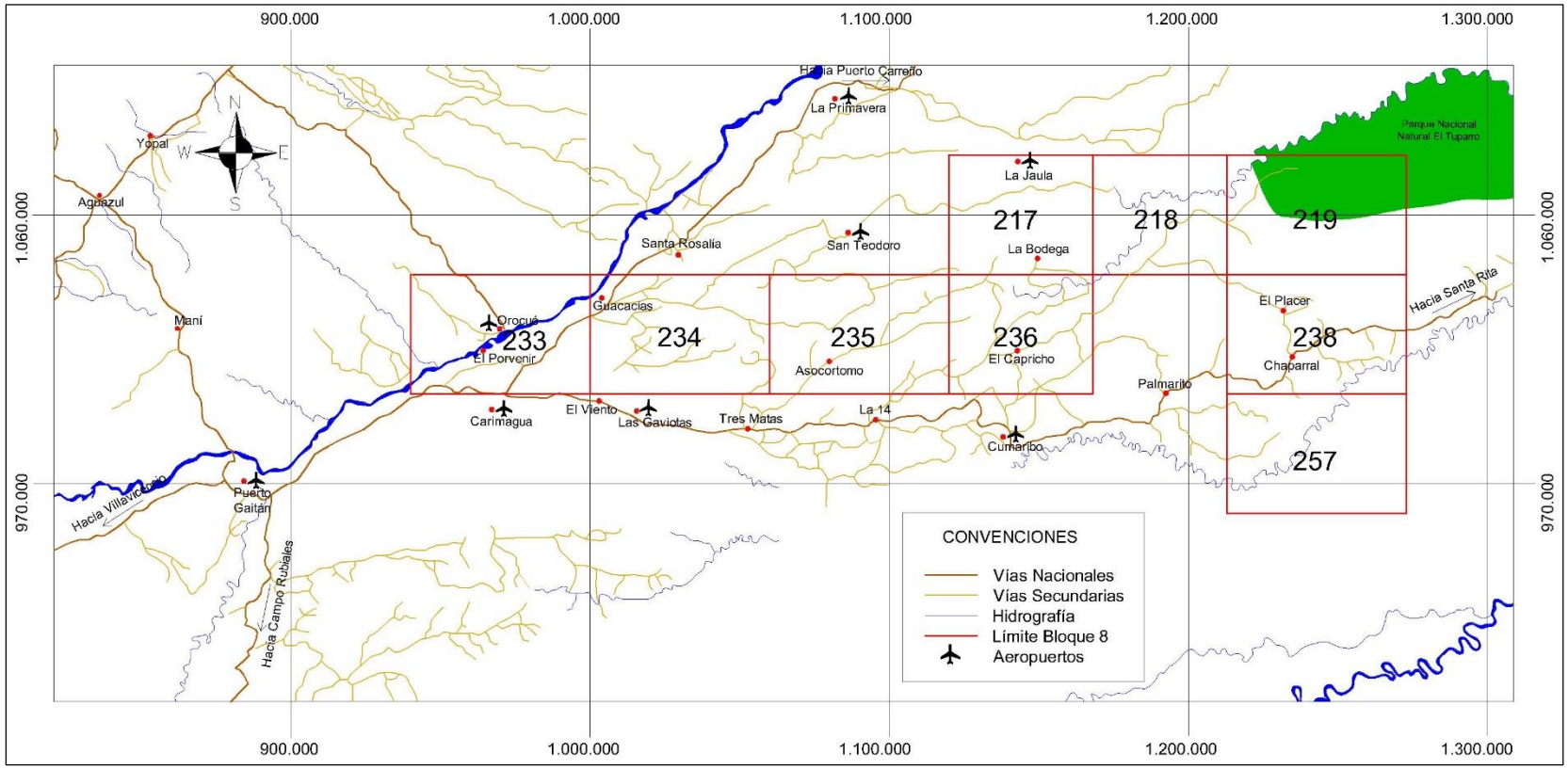


Figura 3. Mapa de las principales vías de acceso para el Bloque 8.

Fotografía 1. Carreteable entre Patio Bonito y Palmarito, municipio de Cumaribo (1.000.900.m.N. y 860.000.m.E).

Fotografía 2. Transporte en lancha rápida por el río Vichada, municipio de Cumaribo (995.000.m.N. y 916.200.m.E).

1.3 POBLACIÓN

En la Plancha 257 - Caño Ariba no existen asentamientos que concentren alguna densidad poblacional, excepto por las comunidades indígenas que pertenecen al resguardo Selva de Matavén, ubicado al sureste del río Vichada; por fuera de la plancha se encuentran las inspecciones de Palmarito (Fotografía 3) y Chaparral, así como el casco urbano de Cumaribo (Fotografía 4), que prestan servicios a los habitantes de las veredas que se encuentran en sus alrededores.

Fotografía 3. Inspección Palmarito, municipio de Cumaribo (1.002.500.m.N. y 865.500.m.E).

Fotografía 4. Centro poblado de Cumaribo (983.000.m.N. y 1.140.500.m.E).

La población reportada para estos asentamientos de acuerdo a los planes de desarrollo municipal (municipio de Cumaribo, 2012) se presenta en la Tabla 2.

Tabla 2. Centros poblados cercanos a la zona de estudio.

Departamento	Municipio	Asentamiento	Población
Vichada	Cumaribo	Cabecera municipal	6.309
		Inspección Palmarito	420
		Inspección Chaparral	346

1.3.1 Infraestructura

El área que comprende la Plancha 257 – Caño Ariba cuenta con una muy baja cobertura en la prestación de servicios públicos básicos, educación y salud: los servicios educativos y de salud, son prestados en la cabecera municipal de Cumaribo. El servicio de telefonía es muy limitado y está restringido al alcance de las señales de las antenas de cada operador dentro de los poblados principales.

En cuanto a las fuerzas armadas, el departamento del Vichada hace parte de la jurisdicción de la Décima Sexta Brigada de la Octava División del Ejército Nacional, en la zona ejerce control territorial el Batallón 43 asentado en la cabecera municipal de Cumaribo.

1.3.2 Resguardos indígenas

En la Plancha 257 – Caño Ariba se encuentra ubicado parte del resguardo indígena[1] Selva de Matavén. En la Tabla 3, se muestra la población de dicho resguardo (DANE, 2005) y en la Figura 4, se muestra su ubicación geográfica.

Tabla 3. Resguardos, población indígena y su área correspondiente dentro de la Plancha 257 – Caño Ariba.

Departamento	Municipio	Resguardo indígena	Población	Área (km^2)
Vichada	Cumaribo	Selva de Matavén	14.366	1.620,4

[1] Resguardo: Institución legal y sociopolítica de carácter especial, conformada por una comunidad o parcialidad indígena, que con un título de propiedad comunitaria, posee su territorio y se rige para el manejo de éste y de su vida interna, por una organización ajustada al fuero indígena o a sus pautas y tradiciones culturales. Fuente: Sentencia C-921/07 en: http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/cc_sc_nf/2007/c-921_2007.html.

1.4 CLIMA Y VEGETACIÓN

La zona de estudio hace parte de la megacuenca de la Orinoquía colombiana donde la temperatura atmosférica promedio anual varía entre 25°C y 30°C. Los rangos de precipitación y de temperatura, determinan un área dentro del bosque húmedo tropical y de sabana, de acuerdo al sistema de clasificación climática empleado por el IGAC (1977), adaptado del sistema de zonas de vida de Holdridge. El clima es cálido y húmedo, influenciado por los vientos alisios del noreste y corrientes de la Amazonía (alisios del sureste).

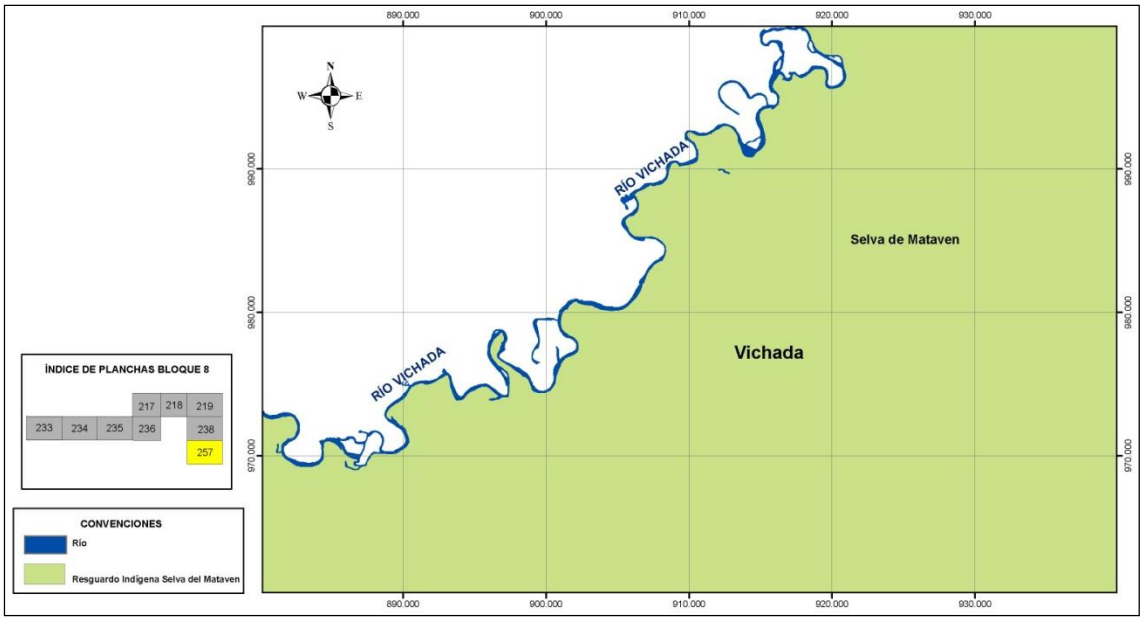


Figura 4. Resguardos indígenas en la Plancha 257 - Caño Ariba.

Los temporadas secas y calientes corresponden a los meses de diciembre, enero, febrero y mediados de marzo; los meses restantes son los lluviosos, alcanzando el tope máximo de lluvias entre los meses de junio, julio y agosto. En la época seca, la escasa precipitación ocasiona disminución notoria en el cauce de los ríos, quebradas y caños; la alta evapotranspiración durante el verano, influye en el desecamiento del follaje de la vegetación y disminuye la producción de pastos.

En la plancha se encuentran 5 tipos de vegetación: bosques de galería, selva de transición, humedales, vegetación de sabana y matas de monte (municipio de Cumaribo, 2012).

- Bosques de galería o bosque natural fragmentado: Las especies más comunes son: Cedro Macho, Caraño, Anime, Laurel, Gualanday, Yarumo, entre otros.

- Selva de transición: Este tipo de vegetación se encuentra presente en el municipio de Cumaribo entre los ríos Guaviare y Vichada y se caracteriza por superar en densidad y variedad al bosque de galería, pero sin llegar a la opulencia de la selva amazónica.
- Humedales: Asociados a cuerpos de agua. Su flora está representada por una compleja trama boscosa de galerías y morichales con alturas hasta de 18 m, que ocupan las depresiones, márgenes de cursos de agua y áreas inundadas y son de importancia estratégica para la conservación del recurso hídrico.
- Vegetación de sabana: Se refiere a pastos naturales, árboles de poca altura y de hojas duras, así como algunas variedades de leguminosas.
- Matas de monte: En áreas específicas es posible encontrar agrupaciones boscosas comúnmente conocidas como matas de monte.

1.5 FISIOGRAFÍA

Según Villareal *et al*. (2007) la región de la cuenca de los Llanos Orientales se divide en dos grandes subregiones: la Orinoquía inundable o mal drenada y la Orinoquía bien drenada o mejor conocida como altillanura, cuyo límite lo establece el río Meta.

La parte de la Orinoquía que presenta inundaciones prolongadas durante la época de lluvias, se localiza hacia la margen izquierda del río Meta correspondiente a la llanura aluvial de desborde. Entre tanto, la Orinoquía bien drenada se extiende entre los ríos Meta y Orinoco y está conformada por extensas planicies con diferentes grados de disección, por lo que, en general, se ha dividido en altillanura plana y altillanura disectada, ambas dominadas por gramíneas e interrumpidas por fajas angostas de bosques de galería (Villareal *et al*., 2007).

La fisiografía de la Plancha 257 – Caño Ariba corresponde con la altillanura bien drenada, que se refiere a las unidades comprendidas entre los ríos Tomo y Vichada, compuesta de serranía y formas onduladas con vegetación dominante de sabana; y el área con selva de transición (Fotografía 5), comprendida entre los ríos Vichada y Guaviare (resguardo Selva de Matavén) (Municipio de Cumaribo, 2012).

1.6 HIDROGRAFÍA

La principal cuenca hidrográfica en el área, es el río Vichada, uno de los principales afluentes del río Orinoco, cuyo cauce cruza la plancha en dirección suroeste a noreste, definiendo el límite entre la zona de sabana, al noroeste y la selvática, al sureste. El río Vichada cuenta con una red de drenajes conformada

principalmente por caños, tales como: caños Ariba, Bejuco, Rojo y Tojibo en la parte norte, y Palometa, Pucama y Camarita al sur (Figura 5).

Fotografía 5. Selva de transición, margen derecha del río Vichada, municipio de Cumaribo (1.003.000.m.N. y 920.000.m.E).

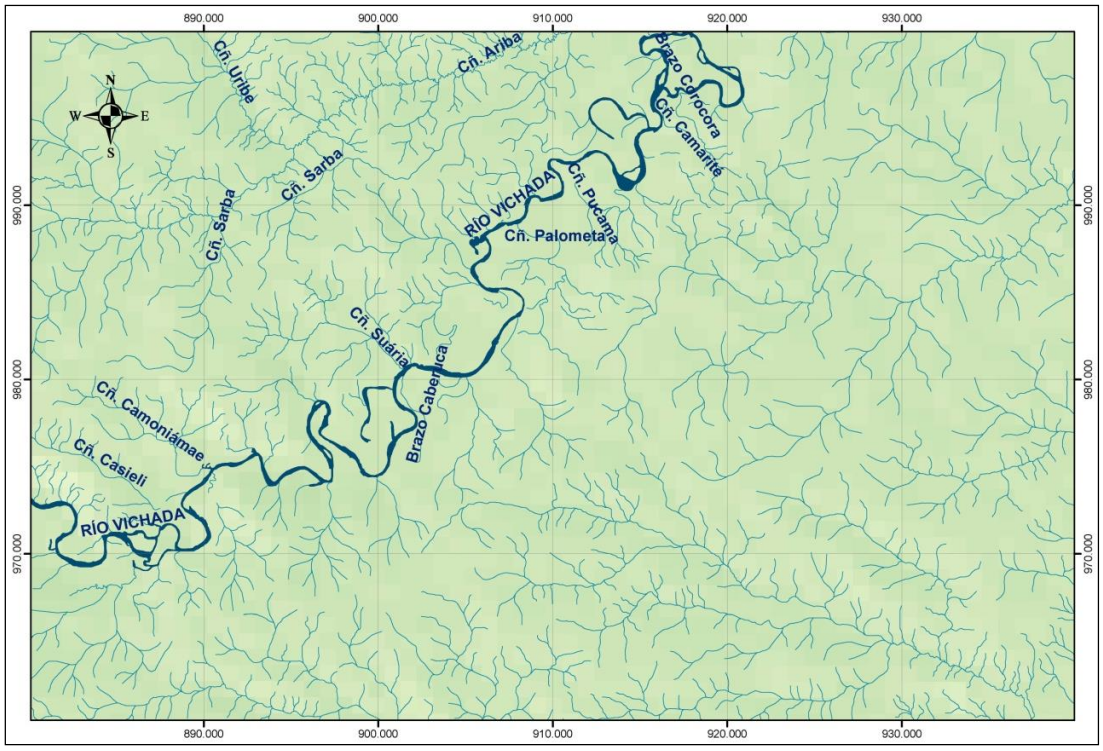


Figura 5. Hidrografía de la Plancha 257 - Caño Ariba.

La esquina sureste de la plancha, corresponde con parte de la cuenca del caño Matavén, el cual tiene un trazo paralelo al río Vichada. Los afluentes de este

caño, presentes en la zona selvática, no tienen nombres asignados en la cartografía oficial del IGAC.

La morfología de estos cauces es de tipo meándrico propiciada por la baja pendiente topográfica, característica general de la zona, y en épocas de lluvias en las márgenes de las llanuras de desborde del río Vichada, se presentan zonas de inundación.

1.7 SUELOS

La mayoría de los suelos en esta parte de los Llanos Orientales se derivan de sedimentos limo – arcillosos recientes de origen aluvial, caracterizados por el alto contenido de hierro y aluminio y la pérdida de minerales básicos por lixiviación debido al exceso de humedad durante la época de lluvias. En consecuencia, los suelos presentan un alto grado de acidez, limitando su capacidad para el desarrollo de cultivos comerciales tradicionales.

Según Herrera *et al*. (1983), la clasificación de las unidades de suelo dentro de la Plancha 257 - Caño Ariba está dada por altillanuras y planicies aluviales, las cuales se detallan a continuación:

1.7.1 Suelos asociados a altillanura

- Altillanura plana: Suelos provenientes de depósitos finos ricos en limos, de carácter ácido y muy ácido, con textura gruesa a fina; bien drenados y con material petroférrico sobre la superficie y en el perfil; cubre las topografías más altas o divisorias de aguas, en la zona noroeste de la plancha, al norte del río Vichada, y en la esquina noreste.
- Altillanura disectada: Suelos ácidos y muy ácidos; evolucionados; con texturas franca gruesa a fina; algunos muy superficiales por presencia de abundante gravilla petroférrica, bien drenados y con frecuentes afloramientos de corazas. Cubre la parte este de la plancha, en especial el sureste del río Vichada, localmente al oeste del caño Tojibo; y se asocia con pendientes disectadas que forman una franja alargada, paralela a la llanura aluvial en el costado norte del río Vichada.
- Valles coluvio-aluviales: Suelos no evolucionados, ácidos; de texturas franca fina a arenosa y bien a pobremente drenados. Es una unidad extensa, asociada con toda la llanura aluvial del río Vichada y se ubica en la zona noroeste de la plancha.
- Altillanura cóncava: Asociada con suelos evolucionados, ácidos; de texturas arenosa y franca fina; bien a pobremente drenados. Suelen presentar afloramientos de corazas. Esta unidad se localiza en la esquina sureste, al

norte del caño Matavén y en un área poco extensa hacia el centro-este de la plancha.

1.7.2 Suelos asociados a planicies aluviales

Corresponden a suelos de napa de desborde, no evolucionados, presentando suelos ácidos y muy ácidos; con textura fina a gruesa, contrastantes en el perfil y con drenaje imperfecto a pobre. Asociado con áreas alargadas, paralelas y adyacentes a la llanura aluvial del río Vichada, en el noreste de la plancha.

1.8 ACTIVIDAD ECONÓMICA

Debido a que gran parte de la zona comprendida por la Plancha 257 - Caño Ariba corresponde a bosques y selva de transición, son escasas las actividades económicas que se desarrollan. La ganadería se realiza en haciendas de grandes extensiones, localizadas principalmente al norte del río Vichada; entre el caño Ariba y el río Vichada, se han iniciado cultivos de especies arbóreas de extensión, como acacia *mangium* y caucho.

La mayor parte de los pobladores tienen cultivos pequeños para su propio consumo, siendo los más representativos: maíz, yuca, plátano y cítricos. Actividades como la pesca, la caza y la siembra de yuca brava, constituyen un segmento dirigido al autoconsumo, en particular de las comunidades indígenas.

El transporte y comercio de productos a través del río Vichada hace parte de las actividades económicas representativas en la zona.

2 METODOLOGÍA

El estudio de cartografía geológica a escala 1:100.000 del Bloque 8 en el Vichada, estuvo enmarcado dentro de las fases que se enumeran a continuación:

- Fase 1. Revisión y complementación de la base hidrográfica digital.
- Fase 2. Trabajo de campo. Cartografía geológica, descripción y levantamiento de secciones estratigráficas, muestreo.
- Fase 3. Elaboración de análisis petrográficos y paleontológicos.
- Fase 4. Interpretación e integración de los resultados.
- Fase 5. Digitalización, redacción y edición de la memoria geológica y del mapa de cada plancha.
- Fase 6. Revisión del mapa geológico preliminar.

La metodología de ejecución de cada una de las fases se describe a continuación:

2.1 RECOPILACIÓN Y REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

La fase de compilación, revisión y evaluación de la información secundaria del área de trabajo, incluyó temas de geología, geofísica, geomorfología, geografía, suelos, geología económica, de los departamentos del Meta, Casanare y Vichada, así como de los límites fronterizos con Venezuela, como complemento del marco regional de la cuenca de los Llanos.

La búsqueda de la información se apoyó en la revisión y análisis de informes técnicos, artículos científicos, tesis de pregrado, proyectos de investigación, mapas, publicaciones y páginas web de entidades estatales como la Agencia Nacional de Hidrocarburos – ANH, el Servicio Geológico Colombiano – SGC, el Instituto Geográfico Agustín Codazzi – IGAC, entre otros.

El soporte de esta actividad se presenta en el Anexo A. Inventario de recopilación bibliográfica e incluye los diferentes estudios y trabajos realizados en el área de influencia del proyecto.

2.2 COMPLEMENTACIÓN DE LA BASE CARTOGRÁFICA

Para el desarrollo del trabajo de campo se dispuso de la cartografía digital a escala 1:100.000 del Instituto Geográfico Agustín Codazzi – IGAC – para el área de estudio, suministrada por el SGC tanto en formato análogo como en digital. Esta cartografía fue realizada en el año 2008 por el IGAC a partir de imágenes de satélite Landsat de los años 2000 y 2001.

A partir de esta información y del análisis de los modelos numéricos de terreno e imágenes satelitales, se realizó la complementación de la base hidrográfica digital para la plancha; como resultado de este trabajo se encontraron algunas diferencias en el trazo y localización de la mayoría de los drenajes presentes en el área, por cuanto estos ríos y caños son dinámicos y cambian el curso en los periodos de lluvias, situación que se registra en las imágenes utilizadas, ya que éstas son más recientes de las utilizadas por el IGAC en la elaboración de la base cartográfica oficial.

Con base en lo anterior, cada uno de los mapas anexos a estos informes a escala 1:100.000 se presentan, tanto con la base oficial del IGAC como con la resultante de la complementación hidrográfica digital y de toponimia efectuada durante el desarrollo del proyecto.

2.3 FOTOINTERPRETACIÓN

Para realizar la fotointerpretación geológica y geomorfológica, se dispuso de información espacial que incluyó imágenes de sensores remotos (Landsat y Aster, años 2000 y 2003) y modelos numéricos de terreno – MNT –, como se detalla a continuación. En la Tabla 4 se indican las imágenes empleadas para la Plancha 257 - Caño Ariba.

- Los modelos numéricos empleados corresponden a la versión 2 del *Shuttle Radar Topography Mission – SRTM –* obtenido por el *Space Shuttle Endeavour* en el año 2000, con una resolución de 90 m y 30 m. Estos modelos permitieron realizar realces a zonas de interés, sombreados y líneas de quiebre de pendientes, así como el modelado espacial con imágenes de satélite.
- Los satélites Landsat están equipados con instrumentos específicos para la teledetección multiespectral. Las imágenes Aster corresponden al programa *Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer – ASTER –* lanzado en diciembre de 1999. Las imágenes Aster corresponden al visible e infrarrojo cercano, en tres bandas de 15 m de resolución espacial.

A estas imágenes se les realizaron procedimientos numéricos para su mejoramiento, entre ellos, modelo de color – HSV –, relación entre bandas y

Análisis de Componentes Principales – ACP y a partir del análisis de la información espacial, se elaboraron espaciomapas para las diferentes planchas a escala 1:100.000. La Figura 6 representa el espaciomapa para la Plancha 257 - Caño Ariba.

Tabla 4. Imágenes analizadas en la Plancha 257 - Caño Ariba.

Tipo de Imagen	
Aster	TL_ASTER_date2002-11-28_lat4.29_lon_68.36
	TL_ASTER_date2007-12-03_lat4.15_lon_68.99
	TL_ASTER_date2007-12-03_lat4.69_lon_68.88
Landsat	Path4_Row57-30m-2000
	LE7005057_2002_003EDC00-30m
	LE7005056_2003_022PFS00-30m
	LE7004057_2002_364PFS00-30m
MSS	LM1004057_1973_141AA05
	LM5004057_1985_069AAA03

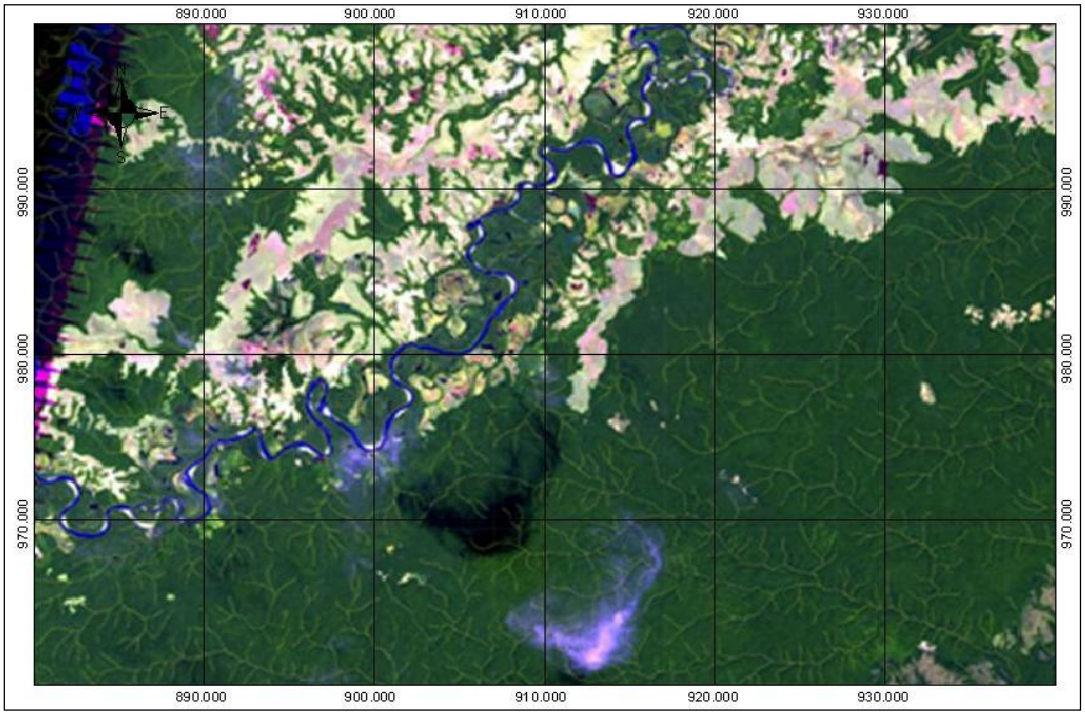


Figura 6. Espaciomapa de la Plancha 257 - Caño Ariba, elaborado a partir de la cartografía del IGAC y la imagen Aster. Nótese los colores verdes oscuros que corresponden a vegetación densa asociada a las terrazas del río Vichada y a la selva de Matavén, los colores verdes claros corresponden a los depósitos de penillanura y los colores claros cremas indican acumulaciones de arena.

2.4 SOCIALIZACIÓN

Para el desarrollo de los trabajos en campo se realizaron reuniones de socialización con los diferentes actores institucionales (autoridades civiles y militares), comunitarios (Juntas de Acción Comunal – JAC –), resguardos indígenas y propietarios/mayordomos de predios. En la Tabla 5 se presenta una relación de los sitios donde se llevaron a cabo los talleres de socialización.

Tabla 5. Lugares de socialización Plancha 257 - Caño Ariba.

Departamento	Municipio	Socialización	Fecha
Vichada	Cumaribo	Policía y alcaldía municipal	Jueves, 19 de julio
		Vereda Caño Ariba	Jueves, 03 de octubre
		Vereda La Reforma	Jueves, 03 de octubre
		Vereda Patio Bonito	Viernes, 04 de octubre
		Resguardo indígena Selva de Matavén Sector 1	Martes, 08 de octubre
		Resguardo indígena Selva de Matavén Sector 2	Jueves, 10 de septiembre

De cada actividad realizada se dejaron evidencias de las cartas de invitación, actas de reunión, fotografías del evento y registros de asistencia.

2.5 TRABAJO DE CAMPO

La cartografía geológica se levantó sobre planchas a escala 1:50.000, generadas a partir de la base cartográfica a escala 1:100.000 complementada con la base hidrográfica, según lo solicitado en los términos de referencia del contrato. Esta fase consistió en la verificación en campo con el fin de confirmar la interpretación realizada sobre las imágenes.

Las actividades de campo se realizaron sobre los recorridos previamente programados, el levantamiento de las estaciones de control y de la recolección de las muestras geológicas por los diferentes carreteables, caminos, ríos y caños. Para el control geológico, se levantó una estación cada 5 km^2 aunque en ocasiones esto varió según las condiciones de campo (accesibilidad, condiciones atmosféricas, permisos de ingreso a predios y/o resguardos indígenas, entre otros).

Las estaciones fueron codificadas con las letras iniciales de los nombres y apellidos de cada geólogo, acompañadas por un número consecutivo, y su ubicación fue determinada mediante la utilización de GPS Map 62s, configurados con Datum Magna-Sirgas, origen Este-Este. En el Anexo B se

presenta el mapa de estaciones a escala 1:100.000 de la Plancha 257 – Caño Ariba.

En cada estación se tomó información sobre la localización, dimensiones y geometría del afloramiento, color, rasgos texturales y composicionales de la litología, siguiendo la metodología para la descripción de depósitos recientes, así como los parámetros para la toma de información en la libreta (Caicedo, 2003). Dichas anotaciones fueron plasmadas por cada geólogo en libretas de campo y formatos establecidos para el levantamiento de información estratigráfica siguiendo los estándares y parámetros del SGC. Además, se hizo el levantamiento de columnas estratigráficas en los drenajes principales de acuerdo al grado de exposición. En el Anexo C se presentan las libretas de campo escaneadas de cada geólogo y el Anexo D contiene las columnas estratigráficas levantadas.

La recolección de muestras se realizó mediante perforaciones manuales utilizando taladros tipo auger y/o hoyadores (pala-dragas/pala-cocas), y bajo los estándares y normas generales de muestreo. Las muestras recolectadas llevan el código de la estación, agregándole las letras R o S, dependiendo si corresponde a una muestra de roca o de suelos, respectivamente. Adicionalmente, en las estaciones donde se recolectó más de una muestra, se codificaron alfabéticamente con A, B, C, dependiendo de la cantidad de muestras colectadas. El Anexo E corresponde al mapa de muestreo a escala 1:100.000 de la Plancha 257 – Caño Ariba. El Anexo F contiene el listado de las muestras recolectadas en esta plancha, donde se relaciona: el número de la estación de campo, identificación de la muestra, número de IGM, coordenadas, cota, localización geográfica, tipo de muestra, plancha geográfica y unidad litológica a la que pertenece.

En resumen, se realizaron 144 estaciones de campo y se recolectaron 44 muestras geológicas a lo largo de los recorridos ejecutados en esta plancha.

2.6 ANÁLISIS DE LABORATORIO E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Los análisis se realizaron según lo establecido en los términos de referencia del contrato entre los que se incluyen: petrografía, calcografía, paleontología/palinología, radiocarbono y litogeoquímica. Además, de acuerdo con los tipos de unidades geológicas cartografiadas se efectuaron análisis no considerados previamente, pero que suministraron información complementaria para la caracterización geoquímica de las unidades.

2.6.1 Petrografía

Los análisis petrográficos fueron elaborados sobre costras ferruginosas (material consolidado), así como algunos montajes de granos de arenas para

determinar la mineralogía y rasgos texturales. En estos análisis se efectuó la descripción macroscópica, la textura, composición y porcentaje modal de los minerales y la descripción composicional (conteo de 600 puntos) sobre secciones delgadas estándar, utilizando los formatos del SGC para rocas siliciclásticas.

2.6.2 Calcografía

Los análisis de calcografía se efectuaron sobre secciones pulidas de costras ferruginosas de las cuales había sección delgada, sirviendo como complemento a los análisis petrográficos y a los volumétricos de hierro.

2.6.3 Geoquímica

Los análisis geoquímicos fueron realizados tanto a muestras de roca como de suelos, e incluyeron los siguientes métodos:

- Análisis multielementos traza (ICP): se empleó el método de espectrometría de emisión de plasma acoplado inductivamente por digestión de agua regia (ICP-12B). Este análisis permitió establecer el contenido de los elementos mayores y menores expresados en porcentaje (%) y trazas en partes por millón (ppm), a partir de las cuales se pueden identificar concentraciones anómalas de algunos elementos.

  Este análisis incluyó los siguientes 39 elementos: Ag, Al, As, Ba, Be, Bi, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Ga, K, La, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Nb, Ni, P, Pb, S, Sb, Sc, Sn, Sr, Ti, Tl, V, W, Y, Zn, Zr, Hg, Se, Te.

- Análisis volumétrico de hierro (%): fueron realizados a muestras de costras ferruginosas; en este caso, se puede conocer la variación en la concentración de óxidos-hidróxidos de hierro férrico a través del área, así como establecer posibles modelos genéticos para esta unidad.

- Difracción de Rayos X (DRX): esta técnica empleó el método de Rietveld para la cuantificación y el software denominado "*X'Pert HighScore Plus*" para la identificación y cuantificación de los minerales expresados en porcentaje (%). Los minerales fueron identificados al comparar las señales de las sustancias puras con las obtenidas por el difractómetro para la muestra analizada.

  Este análisis se efectuó en muestras que contaban con otros análisis geoquímicos, con el fin de identificar los tipos de arcillas presentes en los suelos – depósitos y las relaciones cuantitativas existentes cuando hay presencia de varias arcillas.

- Fluorescencia de Rayos X (FRX): el método consiste en la emisión de "rayos X" secundarios (o fluorescentes) característicos de un material que ha sido "excitado" al ser "bombardeado" con rayos X de alta energía. La intensidad

de cada radiación característica se relaciona directamente con la cantidad de cada elemento químico del material de la muestra; para cuantificar cada elemento químico se montan curvas de calibración con estándares certificados del elemento a medir.

La FRX se realizó sobre muestras que contaban con DRX, con el fin de cuantificar en términos de porcentaje (%), la concentración de algunos elementos aplicando el método de óxidos mayores en roca total. En este caso, se analizaron los siguientes óxidos: SiO_2, TiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3, MgO, CaO, Na_2O, K_2O, MnO, Cr_2O_3, P_2O_5, SO_3 y pérdidas por ignición.

2.6.4 Radiocarbono

El método de radiocarbono se efectuó en muestras con materia orgánica, con el fin de medir el contenido del isotopo de carbono 14 para determinar la edad de las muestras recientes (menor a 40.000 años).

2.6.5 Palinología

Este tipo de análisis realizado mediante bioestratigrafía de alta resolución se efectuó en muestras de arcillas y lodos con materia orgánica, con el fin de determinar el contenido microflorístico de los sedimentos, indicando la abundancia relativa, detallando el paleoambiente de depósito y asignando edades relativas.

La totalidad de las muestras recolectadas (44), se utilizaron para realizarles diferentes tipos de análisis (Tabla 6). Cabe mencionar que en ocasiones, una misma muestra fue seleccionada para varios análisis, con el fin de obtener información complementaria para fundamentar de mejor manera, el modelo genético. El Anexo G presenta el mapa de muestras de laboratorio a escala 1:100.000 de la Plancha 257 – Caño Ariba, indicando los tipos de análisis efectuados.

Tabla 6. Análisis realizados en la Plancha 257 – Caño Ariba.

Tipo de análisis		Cantidad
Petrografía	Sección delgada (SD)	3
	SD con montaje de granos impregnados	-
Calcografía	Sección pulida (SP)	1
Geoquímica	Multielementos traza (espectrometría de emisión de plasma acoplado inductivamente, ICP-12B)	44
	Difracción de Rayos X (DRX)	20
	Fluorescencia de Rayos X (FRX)	2
	Volumétrico de hierro	4

Tipo de análisis	Cantidad
Palinología	17
Radiocarbono	-
Total	**91**

El envío de muestras a los laboratorios se realizó en varias remisiones, conforme al avance de las comisiones de campo. Las muestras fueron entregadas a los diferentes laboratorios en las ciudades de Medellín, Bogotá y Barranquilla (Tabla 7).

Tabla 7. Tipo de análisis vs laboratorio.

Análisis	Laboratorio
Petrografía	GEOENSAYOS S.A.S. (Medellín)
Calcografía	GEOENSAYOS S.A.S. (Medellín)
Multielementos traza	SGS (Medellín)
Volumétrico de hierro	SGS (Barranquilla)
DRX	GEOENSAYOS S.A.S. (Medellín)
FRX	GEOENSAYOS S.A.S. (Medellín)
Palinología/paleontología	BIOSS S.A.S. (Bogotá)
Radiocarbono	BIOSS S.A.S. (Bogotá) – GMAS (Bogotá)

Los resultados de los análisis de laboratorio fueron entregados en formato Word y/o Pdf en varios reportes, que se presentan en el Anexo H (Reportes de laboratorio de los análisis químicos). Esta información de análisis químicos fue cargada a una base de datos denominada libro índice siguiendo la estructura establecida por el SGC.

2.7 ELABORACIÓN DEL MAPA GEOLÓGICO E INFORME FINAL

La información geológica recolectada en campo junto con la evaluación e interpretación de resultados, se plasma en mapas geológicos a escala 1:100.000 (Anexo I) con su correspondiente corte geológico interpretativo, siguiendo los estándares institucionales del SGC y empleando el Software ArcGIS versión 9.3 y 10.0, de ESRI.

La elaboración de la memoria explicativa consideró la información de las fases anteriores donde se describen los rasgos generales de la región, unidades geológicas, geomorfología, geología estructural, geología económica y evolución geológica, siguiendo los estándares de presentación de informes del SGC.

3 GEOMORFOLOGÍA

La cuenca de los Llanos Orientales, a través del tiempo, ha estado sometida a procesos de levantamiento, hundimiento y erosión durante diferentes épocas, dando origen a las geoformas actuales en la zona, caracterizadas por superficies planas en abanicos aluviales, penillanuras aluviales y llanuras aluviales actuales.

La clasificación de las unidades geomorfológicas en el Bloque 8 se realizó con base en la metodología del ITC - *International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences* - de Holanda (Verstappen & Van Zuidam, 1991) y teniendo en cuenta criterios morfogenéticos, morfométricos y morfodinámicos; concluyendo que las características morfológicas del área de estudio son similares y homogéneas para el bloque como un todo, y por tanto, las descripciones que se hace en este capítulo varía de acuerdo a las unidades en cada una de las planchas.

En el Bloque 8 se identificaron tres tipos de unidades geomorfológicas: de origen denudacional, que son aquellas geoformas producto del modelamiento de la superficie por procesos degradacionales antiguos o recientes; unidades de origen agradacional estructural que comprenden las geoformas que presentan algún control estructural por fallas y que pueden haber sido afectadas por fenómenos agradacionales; y, de origen fluvial, desarrolladas a partir del material erosionado de sedimentos consolidados de la Cordillera Oriental y de la penillanura, transportados y acumulados por los ríos que bajan por el piedemonte llanero colombiano.

La Plancha 257 – Caño Ariba se caracteriza por presentar geoformas planas asociadas a dos de las tres unidades geomorfológicas presentes en la cuenca de los Llanos orientales (Figura 7):

- Altillanura (penillanura) observada en la margen derecha del río Meta, que se extiende hasta el río Orinoco, en la que se ubica toda el área de estudio, está conformada por sedimentos finos acumulados sobre un bloque tectónicamente estable separado por la Falla del Meta y donde predominan procesos erosivos, en especial relacionados con la disección de los drenajes y acumulaciones eólicas de arena. En la plancha se observa un paisaje

representativo asociado a la penillanura, relacionado con la planicie poco disectada observable en las divisorias de agua.

- Aluviones recientes a lo largo del río Vichada y afluentes mayores conformados por sedimentos finos, principalmente arenas de grano medio-fino y limos.

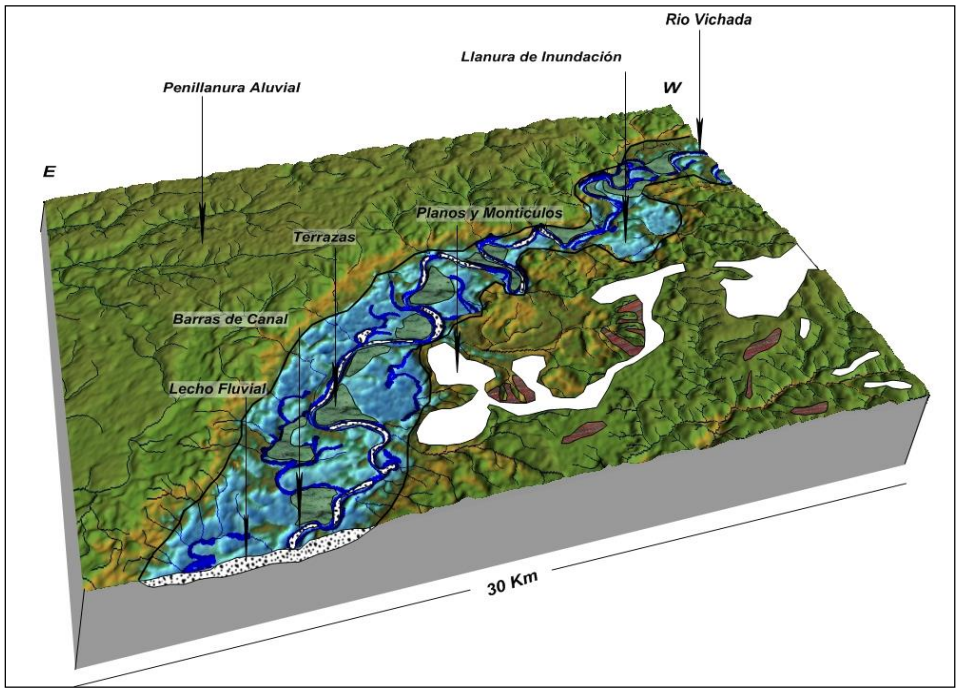


Figura 7. Bloque diagrama con las geoformas de la Plancha 257 – Caño Ariba.

Las unidades geomorfológicas identificadas en la plancha con sus características generales y geoformas asociadas se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 8. Unidades geomorfológicas en la Plancha 257 – Caño Ariba.

Origen	Geoforma	Características
Denudacional	Planos y montículos suaves denudacionales eólicos	Morfología suave a ondulada presente sobre depósitos de abanicos aluviales y depósitos recientes de barras y terrazas aluviales.
	Penillanura aluvial	Morfología suave, ligeramente inclinada y plana, con poca disección. Se asocia con depósitos aluviales, compuestos por material arenoso y arcilloso. Corresponde a la mayor parte del área de la plancha.

Origen	Geoforma	Características
Fluvial	Lechos fluviales	Es una morfología presente en las cuencas bajas del río Vichada. Conformada por los depósitos aluviales más recientes que se encuentran en sus lechos.
	Llanura de inundación	Es una morfología plana correspondiente a las vegas y barras torrenciales de las quebradas y ríos. Estas zonas son inundadas en los periodos invernales. La llanura de inundación más representativa en la zona es la del río Vichada, pero al igual se presentan en los diversos drenajes del área.
	Barras de canal	Morfología presente en los canales de drenaje, producto de la carga de sedimentos de los ríos y ligada con la baja pendiente. Las barras aparecen y modifican sus formas y lugares de localización según las condiciones climáticas.
	Terrazas	Morfología plana a ligeramente ondulada, correspondiente a depósitos arenosos en las vegas de las quebradas y ríos, delimitados por escarpes, presentado una vegetación espesa principalmente en el río Vichada.

4 GEOLOGÍA REGIONAL

En el área de estudio se han realizado diferentes estudios los cuales se han restringido a cartografías regionales, que generalmente hacen referencia a rocas precámbricas, sedimentos cenozoicos de origen continental y algunos depósitos de origen aluvial y eólico.

Entre los estudios de cartografía geológica de mayor cobertura e importancia, se encuentra los mapas geológicos de Colombia, escala 1:1.500.000, (Barrero *et al*., 1976; Vargas *et al*., 1988), escala 1:1.000.000, (Gómez *et al*., 2007a); Atlas Geológico de Colombia, Planchas 5-09, 5-10, 5-11, 5-14, 5-15 y 5-16, Escala 1:500.000 (Gómez *et al*., 2007b, c, d, e, f, g); mapa geológico Orinoquía-Amazonía Colombiana - Proyecto ORAM, escala 1:1.750.000, (IGAC & COLCIENCIAS, 1998) y el mapa geológico de la cuenca de los Llanos, (Sarmiento, 2011).

Así mismo, en los últimos años se han realizado trabajos de cartografía a escala 1:100.000, en algunos sectores aledaños al Bloque 8, entre los que se cuenta: planchas 181 y 182 (Ochoa *et al*., 2011a, 2009a, b, c); planchas 179 y 180 (Ochoa *et al*., 2011b, c); plancha 193 (Renzoni, 1992); planchas 175, 176; (GRP Ltda., 2011); planchas 251, 252, 270 y 271 (Morales, 2010); planchas 286, 287, 288, 289 y 290 (Alvarado *et al*., 2010a, b, c; 2009; 2010d, e); plancha 297, (INGEOMINAS, 2010), planchas 253, 254 y 255 *(*GEOREXP S.A.S*,* 2012a, b, c); planchas 215, 232 y 233, (UIS-INGEOMINAS, 2010a, b, c); planchas 199 y 200 (Ochoa *et al*., 2012b, c).

La correlación de unidades litoestratigráficas regionales del piedemonte de la Cordillera Oriental (Vargas *et al*., 1988), la nomenclatura del subsuelo (Dueñas & Van Der Hammen, 2007), y de la nomenclatura utilizada en este estudio (Renzoni, 1985), se resume en la Figura 8.

4.1 ESTRATIGRAFÍA

La descripción de la estratigrafía del Bloque 8, se basa en la correlación utilizada en los mapas geológicos disponibles del área, donde el registro estratigráfico comprende unidades con edades del Precámbrico, Mesozoico y Cenozoico, sin embargo, en el área de la plancha, las unidades pre-cenozoicas no afloran en superficie, por lo cual se hace referencia sólo al Cenozoico tardío.

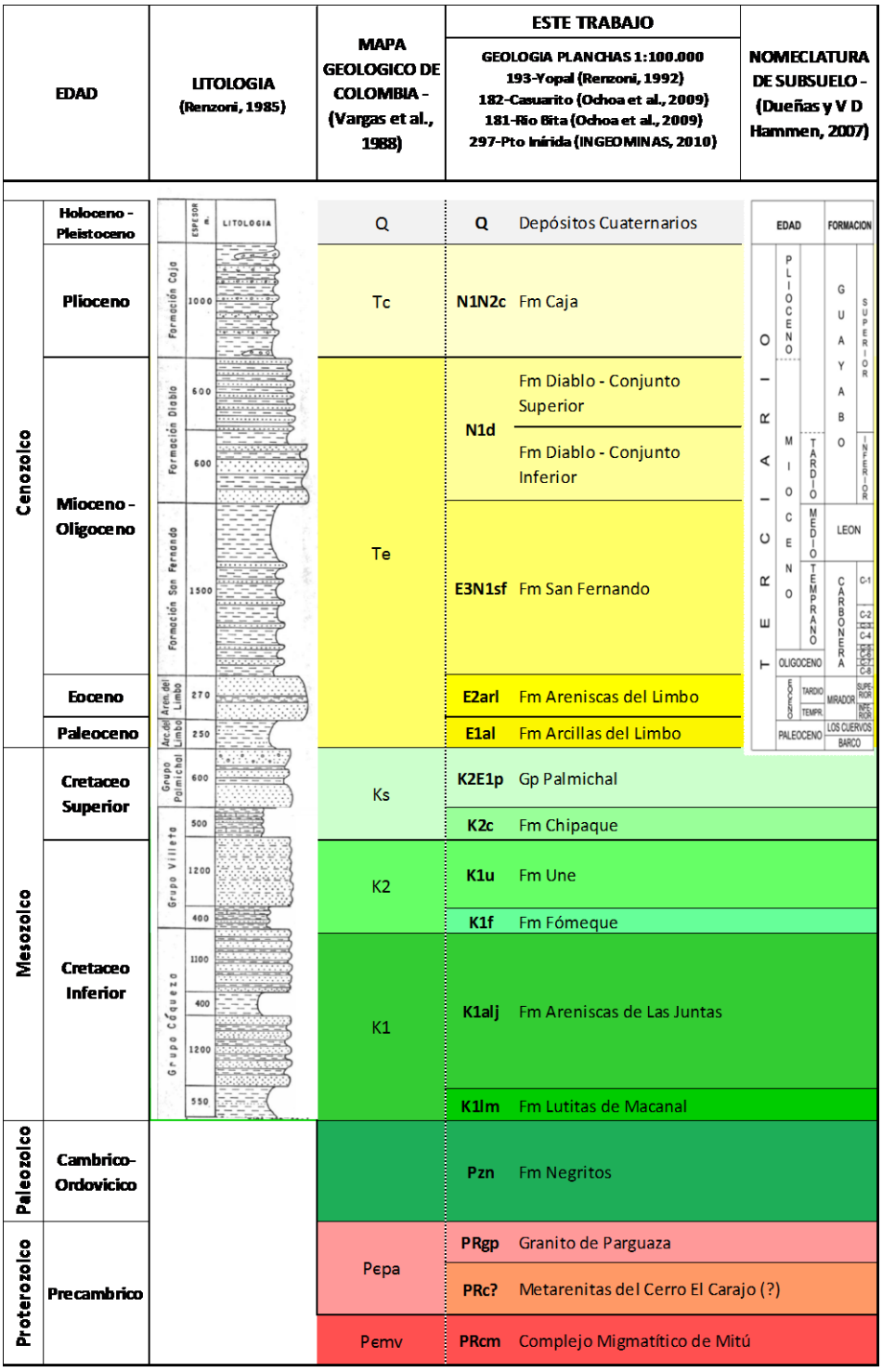


Figura 8. Correlación de unidades litoestratigráficas regionales del piedemonte de la Cordillera Oriental y del subsuelo (modificado de Renzoni, 1985; Dueñas & Van Der Hammen, 2007).

Dueñas & Van Der Hammen (2007) indican que en el piedemonte llanero se presenta un conflicto entre dos nomenclaturas estratigráficas: una proveniente de trabajos de superficie y la nomenclatura del subsuelo que se estableció para la cuenca del Catatumbo, que en forma forzada y sin criterios geológicos válidos, se introdujo en la cuenca de los Llanos Orientales durante las primeras fases de la exploración petrolera.

La nomenclatura de las formaciones cenozoicas descritas, corresponde a la de las aflorantes en el piedemonte de la Cordillera Oriental y cartografiadas en superficie (Figura 9).

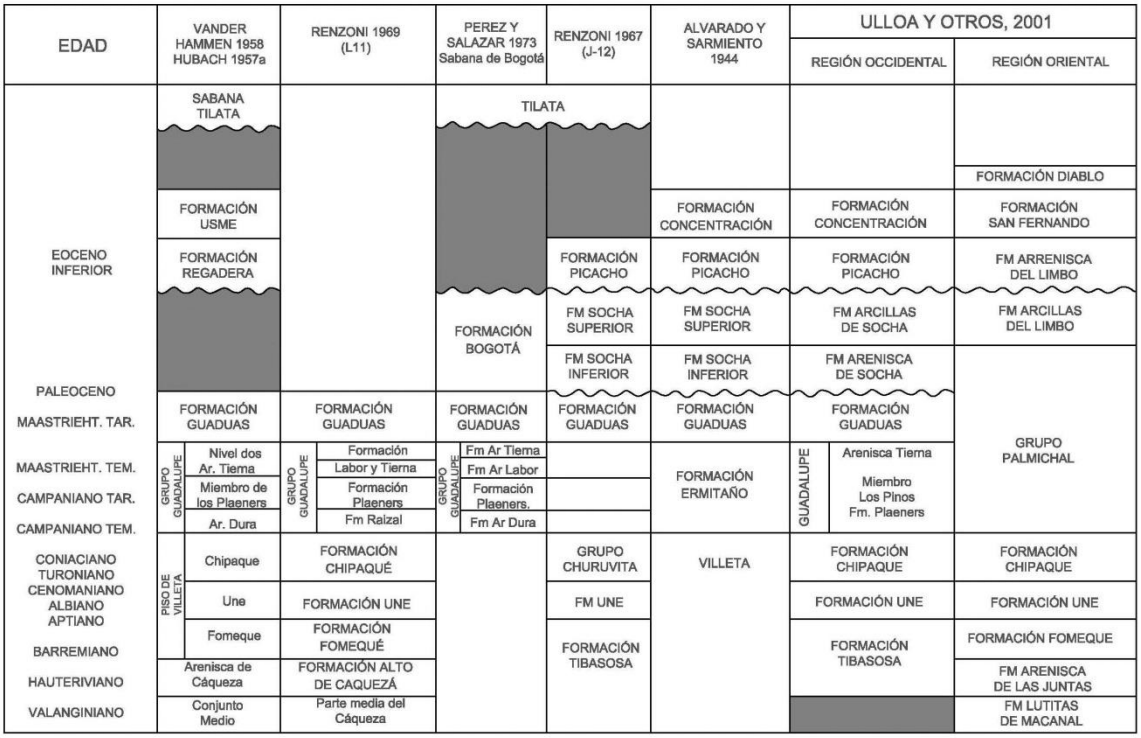


Figura 9. Correlación entre las formaciones geológicas de la Cordillera Oriental y las del piedemonte llanero, sombreado en el extremo derecho (modificado de Ulloa *et al*., 2001).

4.1.1 Cenozoico

La cartografía geológica regional en el área del Bloque 8 muestra que la mayor parte del área está cubierta por sedimentos cuaternarios, representados por una secuencia sedimentaria predominantemente continental de origen fluvial a lagunar, con influencias marinas y deltaicas. A continuación se hace una descripción de las formaciones presentes en la cuenca de los Llanos Orientales y correlacionadas con el piedemonte llanero.

4.1.1.1 Paleógeno

El Paleógeno de la cuenca de los Llanos está representado por las unidades geológicas que se describen a continuación:

- Grupo Palmichal (K2E1p)

Ulloa *et al*. (2001) describen el Grupo Palmichal como una unidad litoestratigráfica que representa tres conjuntos arenosos a guijarrosos, separados por dos conjuntos de arcillolitas y limolitas silíceas confinadas entre la Formación Chipaque (que la infrayace) y la Formación Arcillas de El Limbo (que la suprayace), que afloran en la quebrada Palmichal con un espesor medido de 540 m, y consideran que se debe mantener en el área del piedemonte llanero la nomenclatura del Grupo Palmichal y no del Grupo Guadalupe, ya que las Areniscas de Labor, Lutitas y Areniscas Finas y Areniscas Tierna no son unidades reconocibles en escala 1:100.000. Estos autores consideran que el Grupo Guadalupe es una unidad válida para la Sabana de Bogotá y no existe alguna correlación entre éste y el Grupo Palmichal, lo cual impide hablar de una unidad en las áreas de extensión del Grupo Palmichal.

El Grupo Palmichal descansa concordantemente sobre la Formación Chipaque e infrayace, con la misma relación, a la Formación Arcillas de El Limbo. Representa las unidades del Campaniano al Paleoceno inferior y se correlaciona, en la Sabana de Bogotá, con el Grupo Guadalupe, la Formación Guaduas y la Formación Socha Inferior; y en la zona de Santander con las formaciones La Luna, Catatumbo y Barco.

- Formación Arcillas de El Limbo (E1al)

Nombre fue utilizado por Ulloa *et al*. (2001) para un conjunto de arcillas físiles grises y verdosas con intercalaciones de areniscas y mantos de carbón; está compuesta por arcillolitas grises verdosas que alteran a rojo. En el Cuadrángulo K-12 tiene un espesor de 180 m, y en el Cuadrángulo K-13 se observa que suprayace concordantemente al Grupo Palmichal e infrayace normalmente a la Formación Areniscas de El Limbo. Estos autores mencionan que esta unidad fue acumulada en un ambiente pantanoso a lagunar marino y es de edad Paleocena; se correlaciona con la Formación Socha Superior en el área Paz de Río y con la Formación Los Cuervos en el Catatumbo.

- Formación Arenisca de El Limbo (E2arl)

De acuerdo con Ulloa *et al*. (2001), la formación fue definida por Hubach en 1941 y corresponde a una sucesión de areniscas conglomeráticas, arcillas, areniscas y lutitas que afloran cerca al caserío de El Limbo. En el Cuadrángulo K-13 esta unidad se compone de conglomerados con cantos subredondeados de cuarzo con matriz arenosa, suprayacida por arcillolitas y lutitas que dan paso

hacia el tope a areniscas cuarzosas blanco amarillentas, de grano medio a conglomerático, con laminación inclinada; y en la zona del Cuadrángulo K-12 presenta un espesor de 163 m. Ulloa *et al*. (2001) consideran a esta unidad de edad Eoceno inferior - Eoceno medio y la correlacionan con la Formación Mirador de la zona del Catatumbo y con la Formación Picacho en Boyacá; así mismo, consideran que el ambiente de depósito fue principalmente deltaico, con influencia lagunar marina.

- Formación San Fernando (E3N1sf)

El nombre de Formación San Fernando, según De Porta (1974), fue utilizado originalmente por Renz en 1938, en un informe inédito de la Shell. En la sección de El Morro, río Cravo Sur, se describe como una serie de lutitas y arcillas físiles de color gris a gris verdoso, con intercalaciones de bancos de areniscas y presencia de foraminíferos indicando ingresiones de agua marina o salobre. De Porta (1974) le asigna a esta formación una edad comprendida entre el Eoceno superior y el Oligoceno inferior basados en datos palinológicos; sin embargo, Dueñas & Van Der Hammen (2007) indican que los sedimentos de la Formación San Fernando Superior que afloran en el piedemonte de la Cordillera Oriental en la región de Yopal, se depositaron en mares someros durante el Mioceno Medio. Esta unidad se correlaciona con la Formación Concentración en el área de Paz de Río y con la Formación León de la cuenca de Maracaibo (Ulloa *et al*., 2001).

4.1.1.2 Neógeno

El Neógeno está representado por las formaciones Diablo y Caja sus principales características describen a continuación:

- Formación Diablo (N1d)

Según De Porta (1974), el nombre Formación Diablo fue dado por Renz en 1938, para un conjunto de areniscas con intercalaciones de lutitas que termina donde empiezan los conglomerados y areniscas de la Formación Caja. Tanto su contacto superior como el inferior pueden considerarse normales y ha sido asignada palinológicamente como del Oligoceno medio, correlacionándola con el conjunto superior de la Formación Concentración (región de Paz de Río).

Dueñas & Van Der Hammen (2007) indican que los sedimentos que conforman la parte inferior de la Formación Diablo son el resultado de un intenso periodo erosivo en la Cordillera Oriental durante la fase inicial de la orogenia andina y que dataciones palinológicas permiten correlacionar la parte inferior de la Formación Diablo con la parte inferior de la Formación Guayabo e igualmente, la parte superior de la Formación San Fernando con la Formación León (Figura 10).

Las formaciones Guayabo y León son unidades operacionales utilizadas por la industria petrolera para el subsuelo de la cuenca de los Llanos Orientales (Dueñas & Van Der Hammen, 2007).

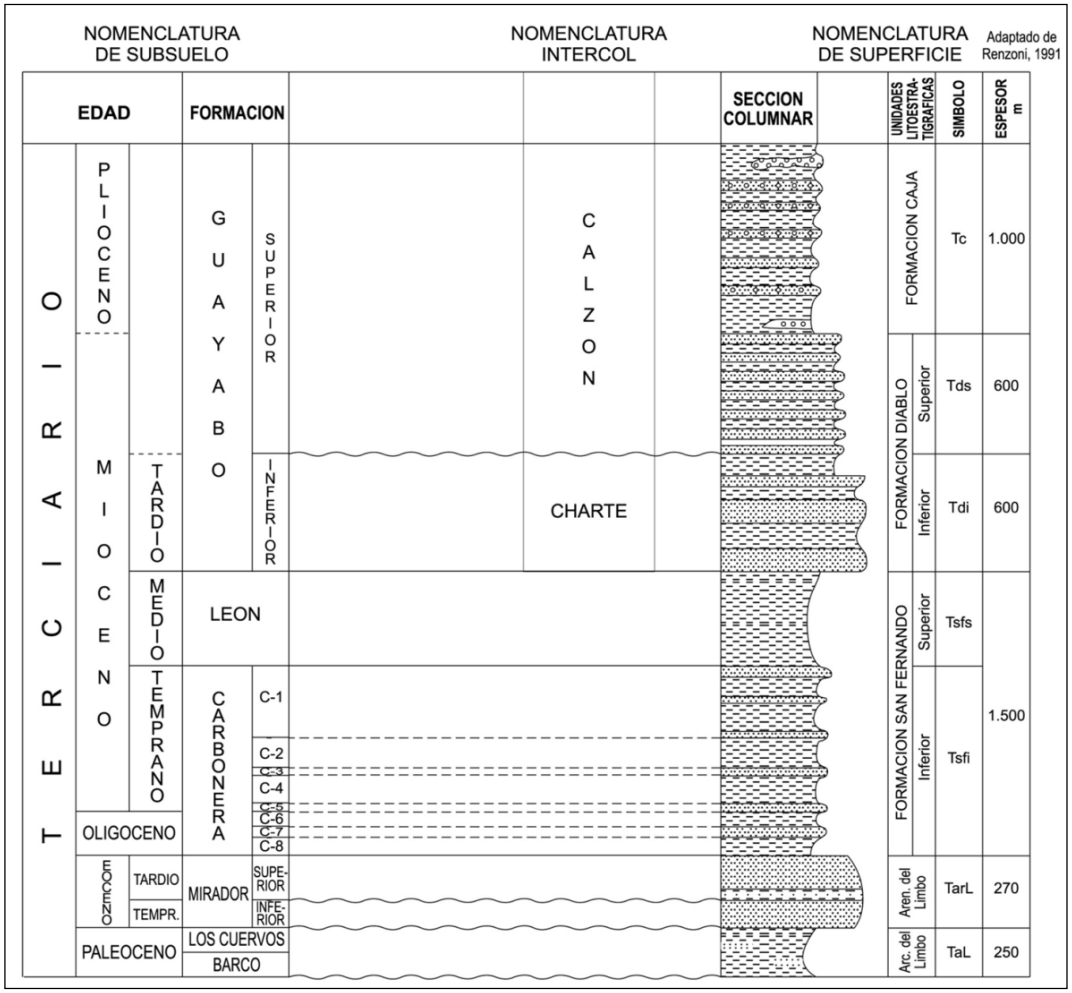


Figura 10. Correlación entre la nomenclatura para el Cenozoico utilizada en superficie y en el subsuelo del piedemonte llanero (tomado de Dueñas & Van Der Hammen, 2007).

- Formación Caja (N1N2c)

De acuerdo con De Porta (1974), la definición de la Formación Caja proviene de Valencia en 1938 (informe inédito de la Shell) y se utilizó para referirse a un conjunto de “areniscas y conglomerados con intercalaciones de gredas y arcillas esquistosas”; la sección tipo se localiza en el río Caja, cerca de Tauramena en los Llanos Orientales y se ha descrito también en el río Cobugón (departamento de Boyacá) cerca de la frontera con Venezuela. De esta formación no se tienen datos referentes a su litología y se desconoce su

espesor. La Formación Caja descansa concordantemente sobre los sedimentos de la Formación Diablo, no teniendo datos sobre su techo. De Porta (1974) menciona una edad probable del Oligoceno superior y quizás pueda incluir la parte más baja del Mioceno; y considera que es correlacionable con la Formación Guayabo del área del Catatumbo; paleontológicamente la Formación Caja correspondería al Mioceno inferior; sin embargo, teniendo en cuenta la relación entre las zonas palinológicas y las zonas de foraminíferos planctónicos, esta formación tendría una edad del Mioceno medio (Langhiano).

De acuerdo con Galvis & Suárez (1984) el Grupo Guayabo comprende una parte inferior predominantemente arenosa reconocida por las compañías petroleras como Formación Charte y una parte superior llamada algunas veces Formación Calzón, que es predominantemente arcillosa. Este conjunto, que presenta un color rojizo característico, es similar al de la Formación Caja expuesto en las estribaciones al este de la Cordillera Oriental.

Bayona *et al*., (2008) en un estudio realizado con base en los corazones del pozo exploratorio SALTARÍN-1A de la empresa HOCOL, determinan las características litofaciales, petrológicas y paleontológicas de las formaciones Carbonera, León y Guayabo. Con base en esa información se definieron los ambientes sedimentarios, superficies de correlación estratigráficas, edad de los estratos y posibles áreas de procedencia de estas formaciones. Estos autores indican que la Formación Guayabo (correlacionable con la Formación Caja) se depositó en un ambiente netamente continental, pasando de las facies deltaicas, hacia la base, a facies fluviales (G1 a G4) y llegando a facies aluviales, en la unidad G5. La edad del segmento más superior es Mioceno Medio a Tardío (?), siendo el primer registro de edad confiable de esta unidad en la cuenca de los Llanos. Para la unidad superior G6, las areniscas son cuarzoarenitas de grano medio, sugiriendo dos alternativas relacionadas con la procedencia de estas areniscas, la primera relacionada con un área de aporte diferente a las de las unidades infrayacentes, asociado más a la Cordillera Oriental y otra relacionada con procesos pedogenéticos asociados a meteorización, sin un cambio en el área de aporte (Figura 11 y Figura 12).

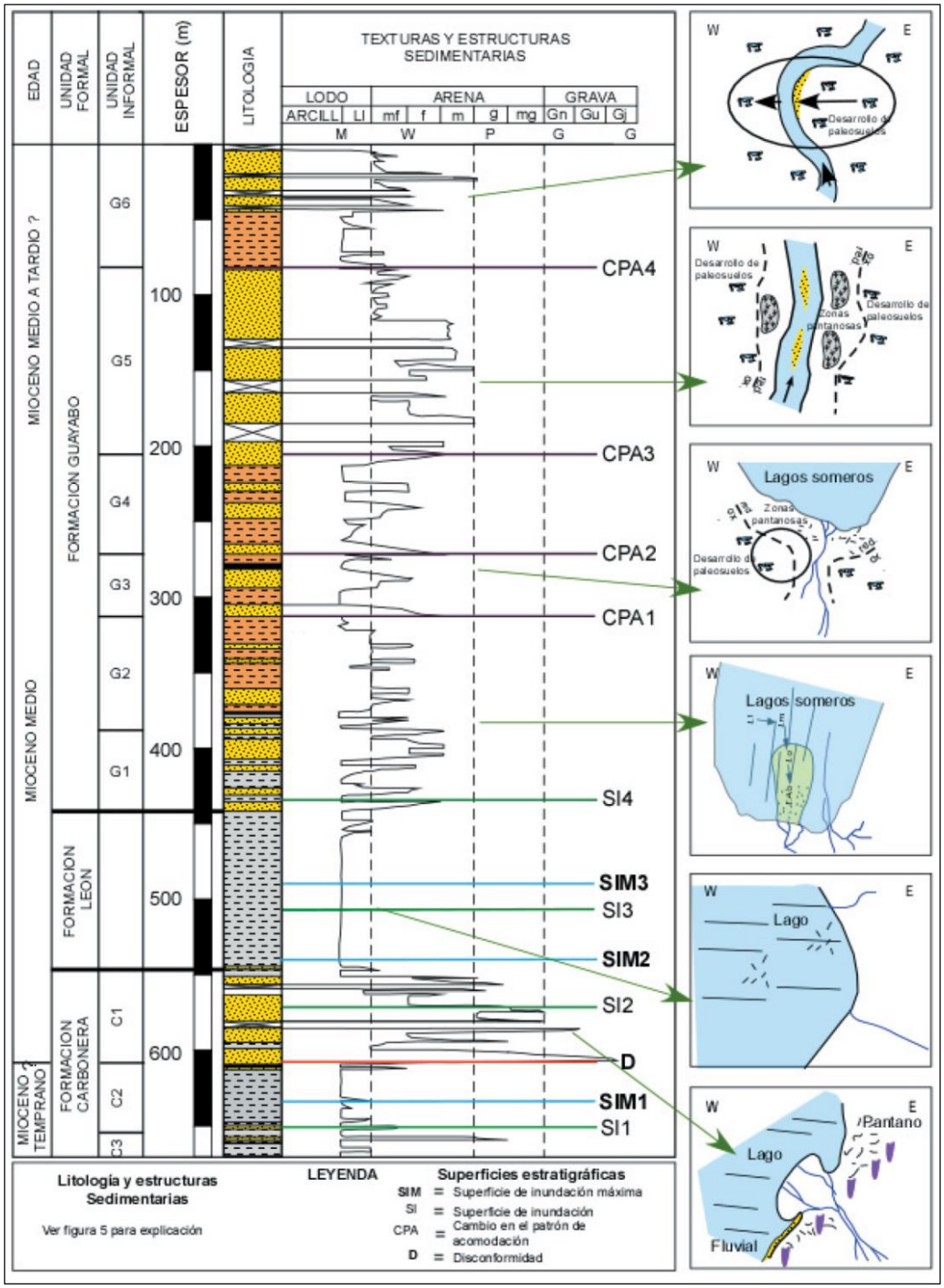


Figura 11. Columna generalizada a escala 1:4.000 del pozo SALTARIN-1A, mostrando las superficies de correlación y los ambientes de acumulación para algunas unidades (tomado de Bayona *et al*., 2008).

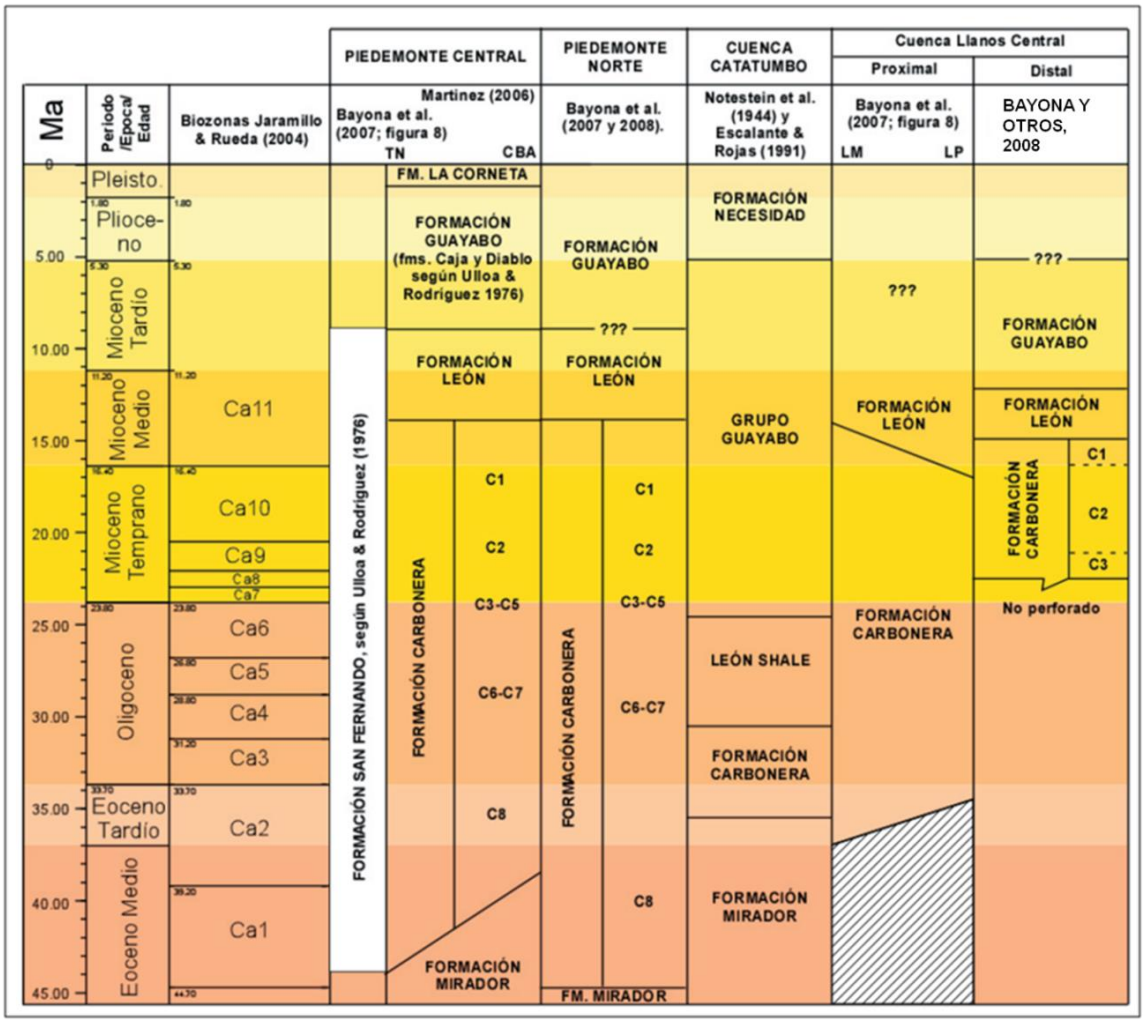


Figura 12. Correlación estratigráfica de las rocas del Eoceno al Pleistoceno en el piedemonte llanero, la cuenca del Catatumbo y la cuenca de los Llanos (tomado de Bayona *et al*., 2008).

Alvarado *et al*., (2010a) expresan que la unidad aflorante en el área centro sur del departamento del Meta corresponde a niveles del tope de la Formación Caja, la cual se conoce en la industria del petróleo como Formación Guayabo Superior. Además, referencian una columna cercana a los 100 m de espesor, identificando cuatro intervalos de la Formación Caja desde la cabecera del río Manacacías hasta el río Tillavá (Figura 13).

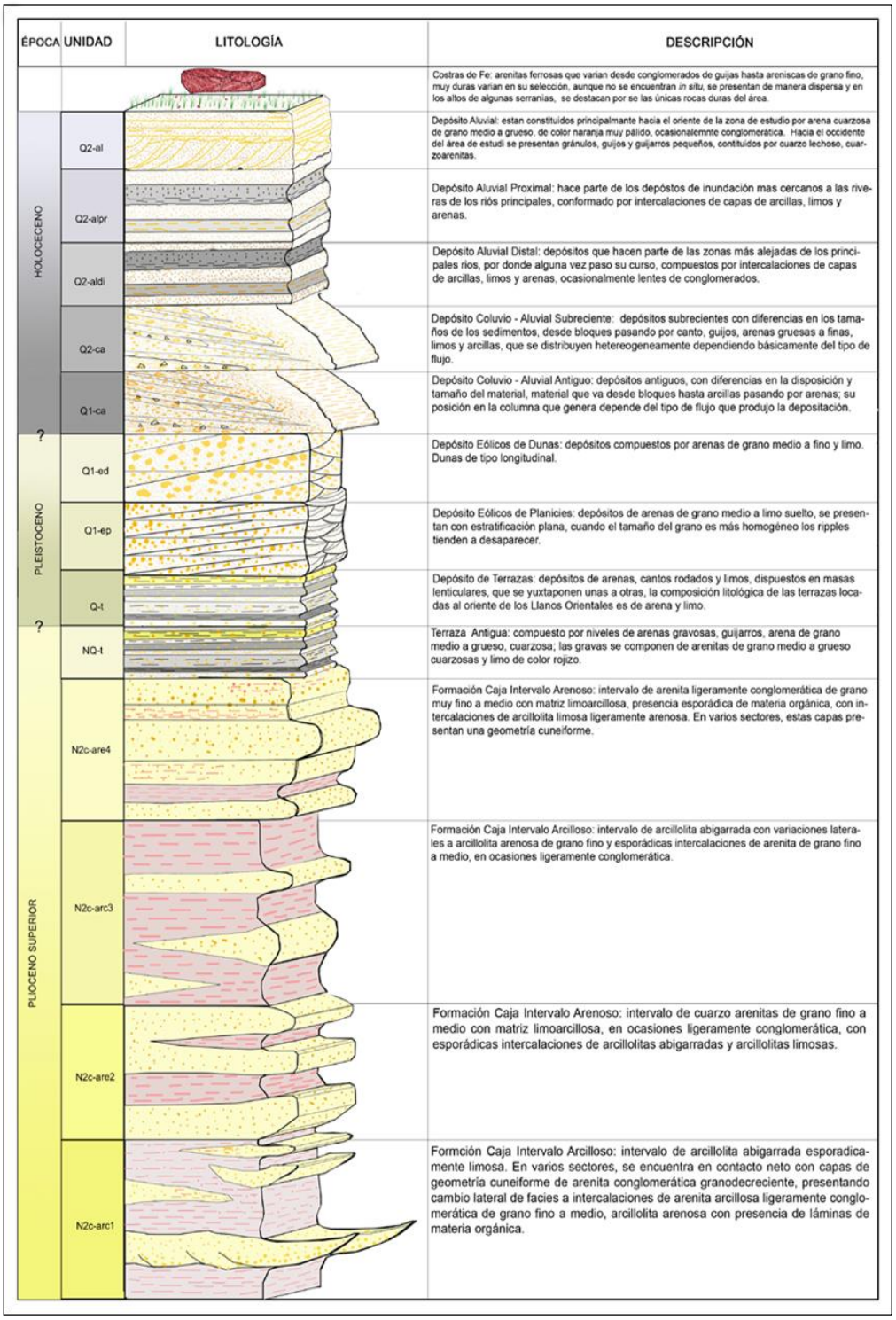


Figura 13. Columna esquemática de superficie para el Plioceno Superior, Pleistoceno y Holoceno en áreas adyacentes al Bloque 8 (tomado de Alvarado *et al*., 2010a).

4.1.1.3 Cuaternario

Los mapas geológicos de Colombia, a escala 1:1.500.000 (Barrero *et al*., 1976; Vargas *et al*., 1988), presentan los depósitos cuaternarios indiferenciados (Qs y Q respectivamente), que agrupan de manera generalizada a todos los depósitos fluviales, lacustres, marinos, glaciares, coluviales, glacifluviales, volcanoclásticos, deltaicos y eólicos.

En el mapa geológico de Colombia, escala 1:1.000.000 (Gómez *et al*., 2007a), y el Atlas Geológico de Colombia, Planchas 5-10 y 5-11, escala 1:500.000, (Gomez *et al*., 2007d, c) se diferencian los depósitos recientes en tres unidades principales de acuerdo con su posición estratigráfica y su origen:

- Depósitos eólicos (Dunas) (Q-e). Acumulaciones arenosas muy cuarzosas, de gran extensión que se hacen espesos al oeste y se presentan en la parte norte de la Orinoquía Colombiana.
- Depósitos de terrazas (Q1-t). Conformados por sedimentos antiguos de las planicies aluviales; litológicamente son gravas finas, arenas de grano grueso y arcillas. El IGAC (1999), indica una edad Pleistoceno para éstos depósitos.
- Depósitos de terrazas aluviales (Q-al). Depósitos son de gran extensión generados por los ríos actuales y constituidos por arenas y sedimentos arcillosos de desborde.

Los trabajos de Alvarado *et al*. (2010a), Morales (2010), GRP Ltda. (2011) y Ochoa *et al*. (2012a), a escala 1:100.000, en planchas adyacentes al Bloque 8, efectúan una división detallada de los depósitos cuaternarios, basándose en las características texturales y principalmente, en las geoformas asociadas. De estos estudios, el de Alvarado *et al*. (2010a) presenta una separación de unidades más detallada que comprende desde las terrazas antiguas (NQ-t) hasta los depósitos aluviales (Q2-al), como se muestra en la Figura 13.

4.1.2 Correlación estratigráfica

Teniendo en cuenta las unidades litológicas mencionadas en la cartografía regional existente se presenta a continuación una correlación de unidades que se compila en la Tabla 9.

4.1.2.1 Formación Caja (N1N2c) Mioceno superior - Pleistoceno

Las unidades litológicas de la geología regional correlacionables cronológicamente con la Formación Caja (?) son:

- Terciario de la Amazonía (Tma)

El mapa geológico de la Orinoquía escala 1:1.750.000 (IGAC & COLCIENCIAS, 1998), hace referencia a la presencia de esta unidad litológica en la zona sureste de la Plancha 257 – Caño Ariba. Es descrita como un depósito fluvial

con predominio de componentes arenosos color blanco, rojo y violeta, con algunos tonos amarillentos. Su base está constituida por un conglomerado de cuarzo granosoportado, con grandes cantidades de óxido de hierro y caolín en los niveles superiores. Tiene un espesor 60 m.

- Conglomerado y arenitas con matriz ferruginosa y arcillosa (N-Sc)

El mapa geológico de Colombia, escala 1:1.000.000 (Gómez *et al*., 2007a), identifica esta unidad litológica en la mayor parte de la plancha, excluyendo las llanuras aluviales de los cauces principales (río Vichada y caño Matavén). La define como conglomerado y arenitas con matriz ferruginosa y arcillosa, y le asigna edad Mioceno tardío (Tortoniano).

- Unidades 1 y 2

El mapa geológico de Sarmiento (2011) hace referencia a la presencia de dos unidades cenozoicas sin diferenciar (unidades 1 y 2), que cubren la zona de altillanura, correspondiente a la mayor parte de la Plancha 257 – Caño Ariba, exceptuando la llanura aluvial del río Vichada.

- Sedimentos de ambiente fluvial a lagunar (Ts4 y Tc)

Los mapas geológicos de Colombia de Vargas *et al*. (1988) y Barrero *et al*. (1976), diferencian una unidad cenozoica que cubre la mayor parte de la plancha, exceptuando los depósitos aluviales del río Vichada y del caño Matavén; y la definen respectivamente como sedimentos de ambiente fluvial a lagunar marino (Ts4) y sedimentitas de ambiente fluvial a lagunar, principalmente arcillolitas, areniscas, conglomerados (Tc). En ambos casos le asignan edad Plioceno-Pleistoceno. El área que ocupan es equivalente con la que Gómez *et al*. (2007a) identifica como N-Sc.

4.1.2.2 Depósitos Cuaternarios (Q) Pleistoceno – Holoceno

Las unidades cuaternarias de la geología regional ubicadas la Plancha 257 – Caño Ariba son:

- Cobertura arenosa al borde del escudo – Vichada (TQ)

En el mapa geológico de la Orinoquía (IGAC & COLCIENCIAS, 1998) se describe litológicamente como arenas cuarzosas de color blanco y granulometría gruesa a media con espesores que alcanzan más de 30m, y es correlacionable con los depósitos aluviales en penillanura (Qp).

- Terrazas antiguas (Qt)

El mapa geológico de la Orinoquía (IGAC & COLCIENCIAS, 1998) ubica esta unidad en la esquina suroeste de la plancha, al sur del río Vichada y la define como un depósito que hacia la base presenta gravas y hacia el tope arcillas, y en menor contenido, intercalaciones de gravas, arenas y arcillas. Las arcillas son de color gris a gris azuloso y las gravas están constituidas por cuarzo y

líticos. Las arenas contienen cuarzo y chert con moscovita y feldespatos. Espesor máximo 60 m.

- Depósitos y llanuras aluviales (Qal)

Los mapas geológicos de Sarmiento (2011), Gómez *et al*. (2007a) e IGAC & COLCIENCIAS (1998), presentan esta unidad como franjas alargadas, correspondientes con las llanuras aluviales del río Vichada y del caño Matavén.

Tabla 9. Resumen de correlación de unidades litológicas presentes en el área de la Plancha 257 - Caño Ariba, según la cartografía regional.

Edad				Correlación		Barrero *et al.* (1976) Esc. 1:1.500.000	Vargas *et al.* (1988) Esc. 1:1.500.000	Gómez *et al.* (2007) Esc. 1:1.000.000	Gómez *et al.* (2007) Plancha 5-10 Esc. 1:500.000	IGAC & COLCIENCIAS, (1998) Esc. 1:1.750.000	Sarmiento (2011)
Fanerozoico	Cenozoico	Cuaternario	Holoceno	Q	Depósitos Cuaternarios	**Qs** Depósitos fluviales, glacilacustres, deltáicos y localmente eólicos. Depósitos marinos recientes	**Q** Depósitos fluviales, lacustres, marinos, glaciares, coluviales, glacifluviales, volcanoclásticos, deltáicos y eólicos	**Qal** Depósitos y llanuras aluviales	**Qal** Depósitos aluviales y llanuras aluviales	**Qa** Cuaternario aluvial	Depósitos aluviales y fluviales de origen reciente ?
			Pleistoceno							**Qt** Terrazas antiguas **TQ** Cobertura arenosa al borde del escudo	
		Neógeno	Plioceno	N1N2c	Fm Caja ?	**Ts4** ? Sedimentos de ambiente fluviatil a lagunar marino	**Tc** ? Sedimentitas de ambiente fluvial a lagunar, principalmente arcillolitas, areniscas, conglomerados				Unidad 2
			Mioceno Superior					**N-Sc** Conglomerado y arenitas con matriz ferruginosa y arcillosa	**N-Sc** Conglomerado y arenitas con matriz ferruginosa y arcillosa	**Tma** ? Terciario de la Amazonia	Unidad 1

5 GEOLOGÍA LOCAL

La separación e identificación de las unidades litológicas en el área del Bloque 8, está basada en las características geológicas y morfológicas delimitadas mediante la fotointerpretación, soportadas en los aspectos litológicos identificados durante el trabajo de campo y correlacionadas con las unidades descritas en la literatura para el área de los Llanos Orientales.

Con los anteriores parámetros el Bloque 8 se dividió en tres grandes áreas; la primera corresponde al abanico aluvial anexo al piedemonte llanero colombiano, donde predominan sedimentos arenosos y arcillosos del Cuaternario y la presencia de erosión eólica. La segunda zona corresponde a la llanura aluvial del río Meta, compuesta por sedimentos arenosos y arcillosos recientes, que conforman un valle amplio. La tercera área corresponde a una penillanura aluvial que se extiende hasta el río Orinoco.

5.1 UNIDADES LITOLÓGICAS

La Plancha 257 - Caño Ariba está cubierta por sedimentos no consolidados cuaternarios, los cuales se agrupan en unidades litológicas de acuerdo con sus características texturales, ambientes y procesos de formación; a continuación se describen estas unidades de la más antigua a la más reciente; el mapa geológico de esta plancha a escala 1:100.000 se presenta en el Anexo I, con su correspondiente corte geológico interpretativo, donde los espesores de los depósitos cuaternarios han sido exagerados y no corresponden a lo evidenciado en las actividades de campo.

La Figura 14, es el bloque diagrama que muestra las unidades litológicas de la plancha; este bloque fue elaborado a partir del modelo numérico de terreno – STRM y cuya interpretación en profundidad fue basada en los estudios de Barrero *et al.* (2007).

5.1.1 Depósitos aluviales en penillanura (Qp)

Se consideran como remanentes de depósitos aluviales, sedimentados sobre un bloque tectónicamente estable, en el cual actualmente predominan procesos de carácter erosivo, debido a que el área se encuentra aislada por la Falla del Meta, de los afluentes que transportan los sedimentos desde la Cordillera Oriental hacia el río Orinoco. Estos depósitos están constituidos por sedimentos

no consolidados, arcillas, limos y arenas, que cubren la mayor parte del área de la plancha.

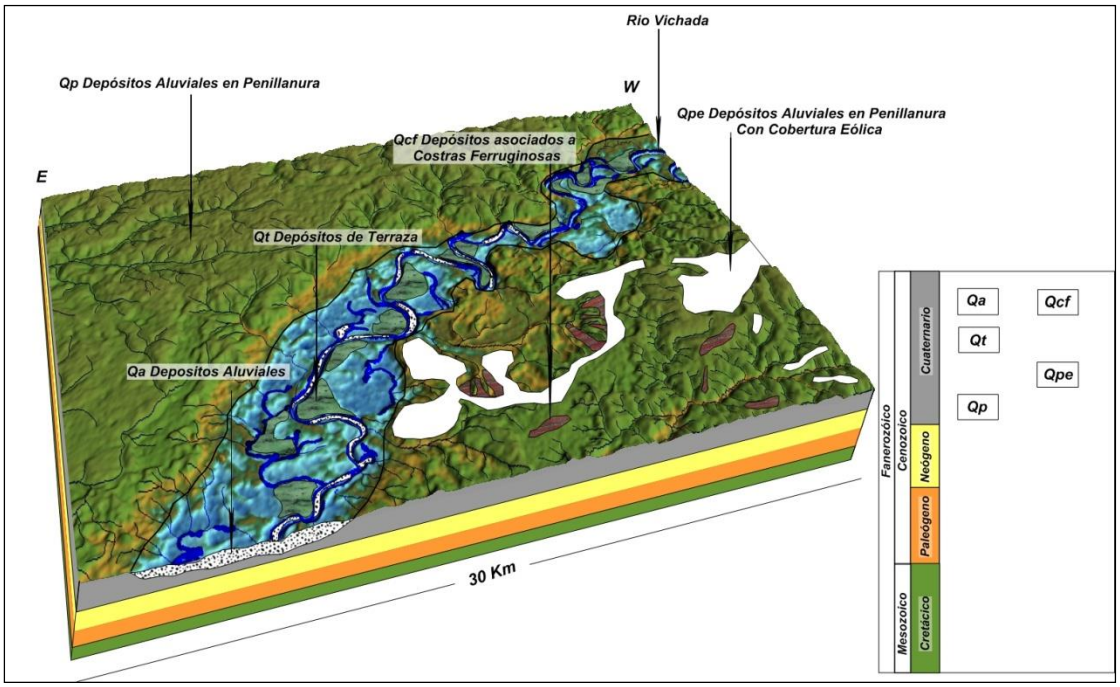


Figura 14. Bloque diagrama de la Plancha 257 – Caño Ariba.

En esta plancha se presenta una geomorfología plana a ligeramente ondulada, levemente disectada por la erosión del río Vichada y los caños Ariba, Bejuco, Rojo y Tojibo. La zona plana se asocia con la divisoria de aguas entre el río Vichada y el caño Ariba (Fotografía 6). Localmente, se presentan colinas con fragmentos de costras ferruginosas, de poca extensión y se localizan en zonas disectadas puntuales (Fotografía 7), especialmente al norte de caño Ariba, cerca de la confluencia con caño Bejuco y en los costados del río Vichada.

Fotografía 6. Planicie de penillanura sin disección, en la vía hacia la Laguna Iboto, al sur de caño Rojo. Estación RCA-0145, 995.754.m.N. y 910.803.m.E.

Fotografía 7. Relieve ondulado de penillanura baja, disectada, en la vía hacia el río Vichada, al este de caño Camonianae. Estación JTV-0274, 977.499.m.N. y 891.040.m.E.

Es frecuente en las zonas pantanosas, denominadas como “bajos”, un desarrollo del suelo mayor, presentándose un alto contenido de materia orgánica en los depósitos de penillanura; en estos depósitos se pueden presentar pequeñas lagunas o “esteros” (Fotografía 8).

Fotografía 8. Penillanura en zona de “bajos”, donde se observa un “estero”, finca Jamurí. Estación JTV-0255, 997.860.m.N. y 880.490.m.E.

5.1.1.1 Descripción litológica

Los depósitos aluviales en penillanura están constituidos por sedimentos no consolidados con tamaños de grano que varían desde arcilla hasta arena y sus diferentes combinaciones, siendo las texturas más comunes arcilla levemente arenosa y arcilla arenosa. Las arcillas se caracterizan por ser plásticas, húmedas y comúnmente abigarradas, mientras que las arenas son de grano fino a muy fino y en menor proporción, de grano medio, compuestas por cuarzo (hialino, lechoso y translúcido) (> al 90%) y de líticos (< del 10%), en granos subangulares a subredondeados y subesféricos, con buena a moderada selección. La coloración típica al techo es marrón amarillento moderado (10YR

5/4), con materia orgánica, a naranja amarillento oscuro (10YR 6/6) y marrón claro (5YR 5/6); en la base coloración abigarrada naranja muy pálido (10YR 8/2), naranja amarillento pálido (10YR 8/6) y rojo moderado (5R 5/4), (Fotografía 9).

Fotografía 9. Talud en arcillas arenosas en depósitos en penillanura. Obsérvese la variación de color marrón claro, al techo, a naranja pálido, abigarrado, a la base, margen izquierda del río Vichada. Estación DPS-0223, 980.873.m.N. y 901.761.m.E.

Los afloramientos de los depósitos en penillanura son escasos, donde mejor se observan los niveles menos meteorizados se encuentran en cárcavas o taludes en carreteras y drenajes principales (Fotografía 10 y Fotografía 11), en los cuales es posible levantar columnas que exponen rasgos litológicos particulares de los depósitos aflorantes.

A partir de los resultados de los análisis de DRX realizados a muestras de depósitos aluviales en penillanura (Tabla 10), la composición mineralógica de estos materiales está dada principalmente por cuarzo (16%-92,7%), caolinita (24,0%-75,8%), gibsita (2,0%-7,8%) y en menor proporción, hematita, clinocloro, vermiculita y moscovita.

Tabla 10. Resultados mineralógicos de DRX (%) en los depósitos de penillanura.

Muestra	IGM	Cuarzo	Hematita	Caolinita	Gibsita	Vermiculita	Clinocloro	Moscovita
		SiO_2	Fe_2O_3	$Al_2(SiO_5)(OH)_4$	$Al(OH)_3$	$Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$	$(Mg_5Al)(Si, Al)_4O_{10}(OH)_8$	$(K, Na)(Al, Mg, Fe)_2(Si_{3.1}Al_{0.9})O_{10}(OH)_2$
DPS-0223-S	5006535	66,9	-	32,6	-	-	-	0,5
DPS-0266-S	5006537	31,0	-	58,0	7,1	-	3,9	-

Muestra	IGM	Cuarzo	Hematita	Caolinita	Gibsita	Vermiculita	Clinocloro	Moscovita
		SiO_2	Fe_2O_3	$Al_2(SiO_5)(OH)_4$	$Al(OH)_3$	$Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$	$(Mg_5Al)(Si,Al)_4O_{10}(OH)_8$	$(K, Na)(Al, Mg, Fe)_2(Si_{3.1}Al_{0.9})O_{10}(OH)_2$
DPS-0270-S-D	5006541	74,6	1,1	24,3	-	-	-	-
DPS-0270-S-E	5006542	92,7	7,3	-	-	-	-	-
GAM-0078-S-B	5006549	60,8	-	39,1	-	0,1	-	-
RCA-0128-S	5006561	51,9	-	45,9	2,0	0,2	-	-
RCA-0144-S	5006563	42,5	-	55,1	2,3	-	-	-
RCA-0157-S-A	5006567	32,2	-	65,2	2,6	-	-	-
RCA-0157-S-B	5006568	30,2	-	62,0	7,8	-	-	-
RCA-0157-S-C	5006569	16,3	-	75,8	-	-	7,9	-

Fotografía 10. Carcavamiento en depósitos en penillanura, cabecera del caño Tojibo, finca La Esperanza, empresa Camaira. Estación DPS-0270, 982.868.m.N. y 892.316.m.E.

Fotografía 11. Talud de erosión donde se exponen los depósitos arcillosos en penillanura, margen derecha del río Vichada. Estación GAM-0076, 980.326.m.N. y 905.542.m.E.

5.1.1.2 Contactos

Los depósitos en penillanura corresponden a los sedimentos aflorantes más antiguos en el área de estudio; infrayacen a los depósitos con cobertura eólica (Qpe) y aluviales (Qa). Los contactos pueden ser tanto discordantes como concordantes, si se tiene en cuenta que por definición, la penillanura corresponde con aquellos sedimentos antiguos que por encontrarse aislados de la sedimentación aluvial original (abanicos de piedemonte), se encuentran en proceso de erosión, mientras continúan bajo la influencia de algún retrabajamiento de sus materiales por procesos actuales de carácter eólico, meteórico y aluvial (de muy baja energía). Se encuentran suprayaciendo las

secuencias paleógenas y neógenas, las cuales se acuñan hacia el este de la cuenca de los Llanos Orientales.

Debido a que las costras ferruginosas (Qcf) son producidas por procesos pedogenéticos, se han encontrado, tanto en superficie, cubriendo a las arcillas abigarradas, como en niveles inferiores, producto de la migración de óxidos dentro de sedimentos asociadas con los depósitos de penillanura. De esta manera, no se establece una relación estratigráfica, sino una relación de origen supergénico entre estas unidades.

5.1.1.3 Correlación

Los resultados palinológicos obtenidos para las muestras de depósitos aluviales de penillanura (Tabla 11), indican que estos sedimentos fueron depositados en pantanos muy someros rodeados de pastos, con presencia de carbón vegetal que podría estar relacionado con quema de vegetación en el sitio de depósito. Las muestras presentan un pobre recobro de palinomorfos, de colores muy pálidos, que corresponden a sedimentos actuales.

Con base en los resultados palinológicos obtenidos y dada la homogeneidad estratigráfica de los depósitos aluviales en penillanura observada en las otras planchas que conforman el Bloque 8, los depósitos aluviales en penillanura (Qp), corresponden a sedimentos de edad Plioceno a Reciente, correlacionables con los depósitos de terrazas aluviales antiguas (Q-1t), definidos en el mapa geológico de Colombia (Gómez *et al*., 2007a).

Tabla 11. Resultados palinológicos en los depósitos de penillanura.

Muestra	IGM	Edad	Ambiente	Observaciones
DPS-0219-S	5006530	¿Reciente?	Pantano somero	Sedimentos formados en pantanos muy someros y posiblemente relacionados con suelos actuales.
DPS-0260-S	5006536	¿Reciente?	Pantano muy somero	Predominio de material herbáceo. Deposito reciente en pantanos someros que permitieron el desarrollo de hongos.
DPS-0270-SA	5006538	No determinable	No determinable	Sedimentos estériles en palinomorfos. Dominio absoluto de partículas de charcoal. Posible relación con vegetación quemada alrededor del sitio de depósito.

Muestra	IGM	Edad	Ambiente	Observaciones
DPS-0270-SB	5006539	No determinable	No determinable	Sedimentos estériles en palinomorfos. Dominio absoluto de partículas de charcoal. Posible relación con vegetación quemada alrededor del sitio de depósito.
DPS-0270-SC	5006540	No determinable	No determinable	Sedimentos estériles en palinomorfos. Dominio absoluto de partículas de charcoal. Posible relación con vegetación quemada alrededor del sitio de depósito.
DPS-0272-S	5006544	¿Reciente?	Pantano de hongos	Se presenta una mezcla charcoal, material herbáceo y esporas de hongos. Sedimentos recientes depositados en pantanos muy someros.
GAM-0078-SA	5006548	¿Reciente?	Pantano muy somero	Los palinomorfos recuperados presentan colores muy pálidos sugiriendo que estos depósitos corresponden a sedimentos actuales, posiblemente depositados en pantanos muy someros. Presencia de pastos alrededor del sitio de depósito.
JTV-0258-S	5006554	¿Reciente?	Pantano somero	Sedimentos depositados en pantanos muy someros. Dominio de *hyphae y esporas de hongos.* Sedimentos muy jóvenes posiblemente relacionados con suelos. Presencia de charcoal que podría estar relacionado con quema de vegetación en los alrededores del sitio de depósito.
JTV-0260-S	5006555	¿Reciente?	Pantano somero	Sedimentos depositados en pantanos muy someros. Dominio de h*yphae y esporas de hongos.* Sedimentos muy jóvenes posiblemente relacionados con suelos. Presencia de charcoal que podría estar relacionado con quema de vegetación. En ocasiones las h*yphae* llegan a confundirse con raíces muy delgadas.

Muestra	IGM	Edad	Ambiente	Observaciones
RCA-0132-S	5006562	¿Reciente?	Pantano de hongos	Sedimentos depositados en pantanos muy someros. Dominio de h*yphae y esporas de hongos,* sedimentos muy jóvenes posiblemente relacionados con suelos. Presencia de charcoal que podría estar relacionado con quema de vegetación.
RCA-0149-S	5006564	¿Reciente?	Pantano de hongos	Sedimentos depositados en pantanos muy someros. Dominio de h*yphae y esporas de hongos.* Sedimentos muy jóvenes posiblemente relacionados con suelos. Presencia de charcoal que podría estar relacionado con quema de vegetación en los alrededores del sitio de depósito.

5.1.2 Depósitos aluviales en penillanura con cobertura eólica (Qpe)

Son depósitos resultantes de erosión y sedimentación eólica, se encuentran cubriendo las sabanas de relieve plano a ondulado entre el río Vichada y el caño Ariba, se asocian con relieves planos en penillanura alta y con relieves ondulados en la penillanura disectada. En estos sectores se encuentran arenales de colores claros, fácilmente identificables en campo, que corresponden con arenas de origen eólico formando capas espesas.

Es frecuente que sobre los carreteables se observen zonas con textura arenosa, de colores claros, correspondientes a arenas de origen eólico que han sido transportadas por las aguas de escorrentía superficial, las cuales sirven como guía en campo para reconocer la presencia de los depósitos eólicos, que pueden encontrarse ocultos por la espesura de los pastos o por las mismas aguas, cuando se encuentran en zonas pantanosas o inundables (Fotografía 12).

Fotografía 12. Arenas finas sueltas superficiales, de color gris muy claro, asociadas a depósitos eólicos, sobre el carreteable que conduce a la finca Iboto, municipio de Cumaribo (995.000.m.N. y 910.000.m.E).

5.1.2.1 Descripción litológica

Los depósitos eólicos corresponden a sedimentos no consolidados, originados por acción de los vientos en épocas secas; son arenas de grano fino a medio, compuestas principalmente por cuarzo monocristalino (>90%) y policristalino (<5%), con líticos de arenitas ferruginosas (<5%). Los granos son subredondeados, subesféricos y con moderada selección.

Los depósitos eólicos se presentan de dos formas: la primera de ellas es una capa extensa y superficial muy delgada, de algunos milímetros de espesor, que puede ser continua o discontinua, son arenas de grano fino a grueso, de composición cuarzosa, con líticos (< 5%); los granos son subangulares a subredondeados, subesféricos, con mala a moderada selección; y expuestos a erosión (Fotografía 13).

La segunda presentación corresponde a niveles de arena con espesores centimétricos a decimétricos de gran extensión areal, que hacen parte de la primera capa del suelo de la penillanura, se trata de depósitos eólicos más antiguos que los mencionados anteriormente. Asociados con relieves semiplanos a ligeramente ondulados y conformados por arenas de grano fino a muy fino, con presencia de materia orgánica, los granos son subangulares a subredondeados, subesféricos y buena selección (Fotografía 14).

Fotografía 13. Detalle de arenas eólicas formando una capa discontinua en la superficie, de color marrón pálido, la cual cubre parcialmente los sedimentos arcillosos de penillanura, de color marrón oscuro. Estación GAM-0110 (986.818.m.N. y 899.075.m.E.), al norte de caño Tojibo.

Fotografía 14. Capa continúa y espesa de arenas eólicas, de color gris claro a medio, en sabanas de la finca Camaira. Estación JTV-0264, 993.542.m.N. y 908.270.m.E.

5.1.2.2 Contactos

Las arenas eólicas suprayacen total o parcialmente tanto a los sedimentos arcillosos de penillanura, como a los fragmentos de costras ferruginosas.

5.1.2.3 Correlación

Los resultados palinológicos de los depósitos aluviales de penillanura con cobertura eólica (Tabla 12), corresponden a sedimentos depositados en

pantanos muy someros con dominio de *Hyphae* y esporas de hongos, correspondientes a sedimentos muy jóvenes posiblemente relacionados con suelos recientes, donde la presencia de carbón vegetal podría asociarse con la quema de vegetación en los alrededores del sitio de depósito.

Tabla 12. Resultados palinológicos en los depósitos de penillanura con cobertura eólica.

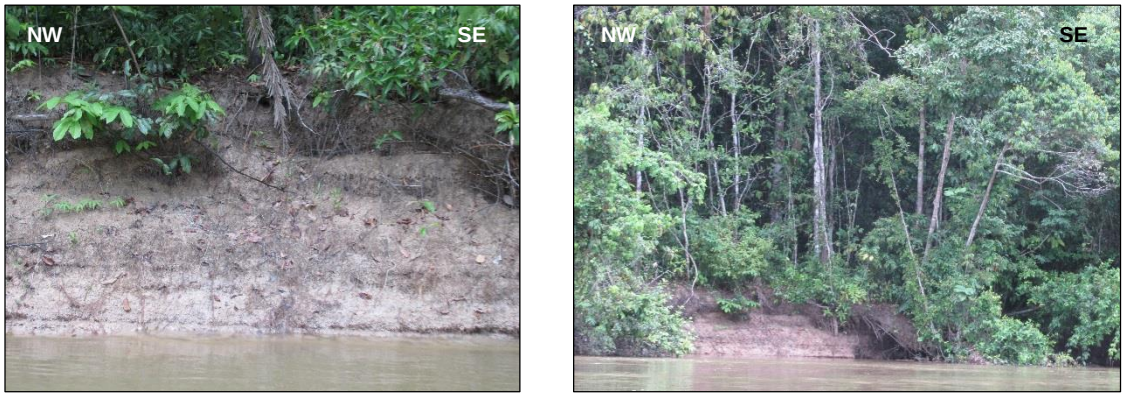
Muestra	IGM	Edad	Ambiente	Observaciones
ACH-0270-S	5006529	¿Reciente?	Pantano de hongos	Pantanos someros que permitieron el depósito de suelos recientes. Presencia de material herbáceo, degradado, y de charcoal.
JTV-0266-S	5006558	¿Reciente?	Pantano somero	Sedimentos depositados en pantanos muy someros. Dominio de *hyphae y esporas de hongos*. Sedimentos muy jóvenes posiblemente relacionados con suelos. Presencia de charcoal que podría estar relacionado con quema de vegetación en los alrededores del sitio de depósito.
RCA-0152-S	5006565	¿Reciente?	Pantano somero	Sedimentos depositados en pantanos muy someros. Dominio de *hyphae y esporas de hongos*, sedimentos muy jóvenes posiblemente relacionados con suelos. Presencia de charcoal que podría estar relacionado con quema de vegetación en los alrededores del sitio de depósito.

Esta unidad no se encuentra registrada en las cartografías anteriores; sin embargo puede ser correlacionada con el depósito de origen eólico (Q-e) del mapa geológico de Colombia (Gómez *et al.,* 2007a); de acuerdo con Goosen (1971), estos depósitos eólicos están asociados a épocas de clima seco y alta erosión en la cordillera; condiciones que posiblemente se dieron durante la transición del Pleistoceno al Holoceno.

5.1.3 Depósitos de terraza (Qt)

Los depósitos de terrazas se relacionan con los procesos aluviales asociados a los ríos principales, que tienen mayor energía y por consiguiente mayor capacidad de carga de sedimentos. En el caso de esta plancha, se identifican terrazas aluviales en ambas márgenes del río Vichada, las cuales están constituidas por sedimentos generalmente arenosos y areno arcillosos, y se relacionan con geoformas extensas de relieve de plano, ubicadas en los costados del cauce meándrico del río. Se caracterizan por la presencia de vegetación arbórea y bosques (Fotografía 15), lo cual indica que los sedimentos

han tenido un período de estabilidad relativamente largo, a diferencia de los depósitos aluviales más recientes, en los que se observa poca o ninguna vegetación, indicativo de que son sedimentos que continúan expuestos a procesos de erosión y sedimentación.



Fotografía 15. Talud en depósito areno lodoso de terraza, en la margen derecha del río Vichada, donde sobresale la cobertura de vegetación arbórea. Estación DPS-0218, 972.236.m.N. y 889.667.m.E.

5.1.3.1 Descripción litológica

Los depósitos de terrazas están conformados por sedimentos no consolidados, de arenas y arenas lodosas (hasta 20% de lodo). Las arenas son de grano fino a muy fino, los granos son de forma subredondeados, subesféricos, con buena a moderada selección; la coloración varía de naranja amarillento pálido (10YR 8/6), marrón amarillento pálido (10YR 6/2) a naranja grisáceo (10YR 7/4) (Fotografía 16).

5.1.3.2 Contactos

Los depósitos de terrazas aluviales suprayacen los depósitos aluviales de penillanura en ambas márgenes del río Vichada.

5.1.3.3 Correlación

Estos depósitos son producto del retrabajamiento de sedimentos más antiguos y se conservan como remanentes de llanuras aluviales, depositadas bajo condiciones fluviales diferentes a las actuales. Se correlacionan con los depósitos y llanuras aluviales recientes (Q-al) del mapa geológico de Colombia (Gómez *et al*., 2007a).

Fotografía 16. Planicie en depósito de terraza en la margen derecha del río Vichada, compuesto por arenas lodosas. Al fondo se observa un pequeño escarpe donde afloran sedimentos arcillosos de penillanura. Estación DPS-0217, 974.846.m.N. y 890.964.m.E.

5.1.4 Depósitos asociados a costras ferruginosas (Qcf)

Los depósitos aluviales asociados a costras ferruginosas, informalmente denominadas en campo como costras ferruginosas, son producto de un proceso de enriquecimiento supergénico que afecta a los sedimentos de la penillanura, a través de procesos químicos que permiten la precipitación y acumulación de óxidos de hierro, los cuales cementan los sedimentos que hacen parte del suelo. Se encuentran principalmente asociados a paisajes disectados y están localizados tanto en las cabeceras de los drenajes menores como en las riberas de los caños y ríos; con menor frecuencia, en zonas de penillanura alta y poco disectada (Figura 15 y Fotografía 17).

Fotografía 17. Penillanura disectada, con relieve ligeramente ondulado y presencia de costras ferruginosas en superficie, finca La Tawara, junto a caño Bejuco. Estación RCA-0118, 999.361.m.N. y 891.178.m.E.

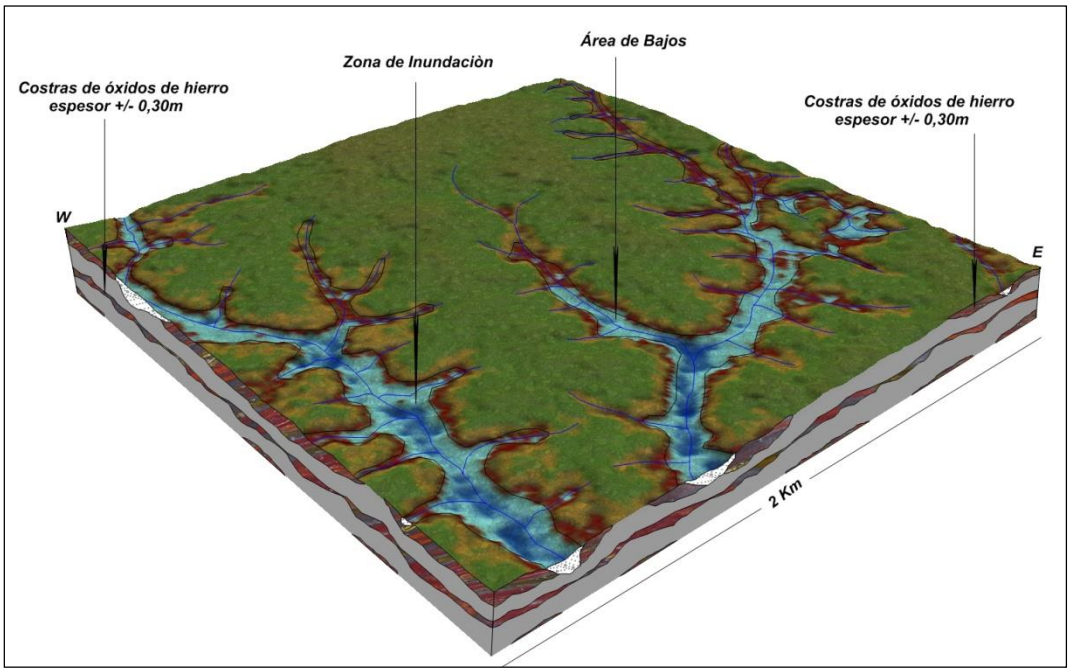
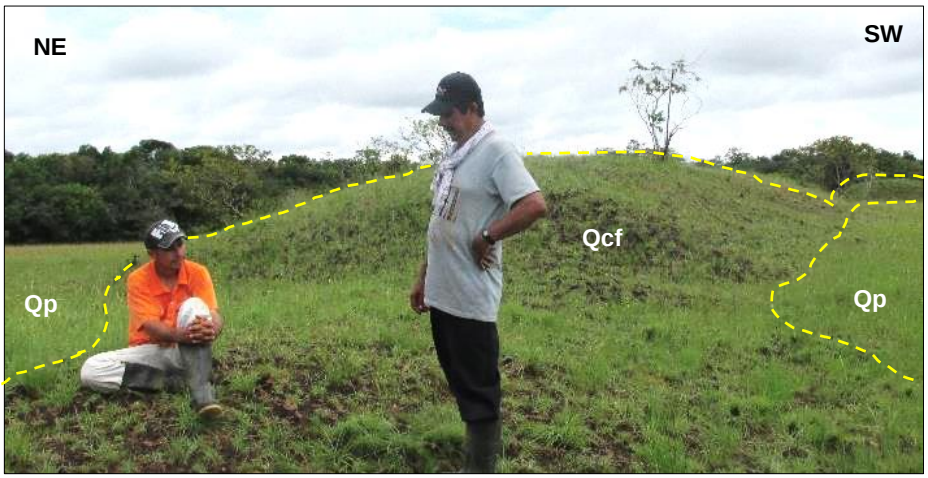


Figura 15. Bloque diagrama donde se muestra la relación de las costras ferruginosas en los paisajes disectados de la penillanura.

Estos depósitos de encuentran dispersos, cubriendo áreas de poca extensión, asociadas a las zonas bajas con mayor disección de los drenajes, cercanas a los caños Ariba y Bejuco y en los costados del río Vichada (Fotografía 18).

Fotografía 18. Presencia de bloques de costras ferruginosas en relieve ligeramente colinado, sobre la margen izquierda del río Vichada, sector Tamaracoco. Estación RCA-0153, 972.598.m.N. y 882.598.m.E.

Las costras ferruginosas se presentan asociadas con relieves ondulados a colinados (Fotografía 19), expuestas en superficie como fragmentos de tamaño gránulos a bloques de arenas de cuarzo cementadas por óxidos – hidróxidos de hierro férrico.



Fotografía 19. Colinas bajas y suaves en relieves ondulados, asociados con la presencia fragmentos de costras ferruginosas, al norte de caño Ariba, en la vereda Nueva Colombia. Estación JTV-0250, 998.497.m.N. y 899.307.m.E.

5.1.4.1 Descripción litológica

Las arenas ferruginosas, cementadas texturalmente corresponden a arenas de cuarzo cementadas por óxidos – hidróxidos de hierro férrico, expuestas como bloques, guijos, guijarros y gránulos dispersos en la superficie, de formas irregulares, angulares a subredondeadas; los materiales presentan colores variables, siendo las partes más oscuras de color marrón rojizo oscuro (10R 3/4), originados por la acumulación de óxidos de hierro, y las claras de marrón amarillento moderado (10YR 5/4) donde predominan los fragmentos de cuarzo.

En algunos casos, se observan embebidos dentro de las areniscas ferruginosas, clastos retrabajados de 1 a 2 cm de diámetro de formas subredondeadas y subesféricas a subelongadas, cuya composición puede ser cuarzo lechoso o líticos oxidados (Fotografía 20). También se aprecian pseudo-laminaciones en los bloques de mayor magnitud, generadas por la lixiviación de hierro o por meteorización diferencial (Fotografía 21).

Fotografía 20. Detalle de arenita ferruginosa con presencia de un clasto de limolita oxidada. Sector Tamaracoco, estación RCA-0153, 972.598.m.N. y 882.598.m.E.

Fotografía 21. Bloque de costra ferruginosa con pseudo-laminación. Sector Tamaracoco, estación RCA-0153, 972.598.m.N. y 882.598.m.E.

Para determinar las características de esta unidad se realizó el análisis petrográfico de tres muestras con sección delgada, una de ellas con sección pulida (RCA-0153-R), las cuales se identifican en la Tabla 13 (Anexo H).

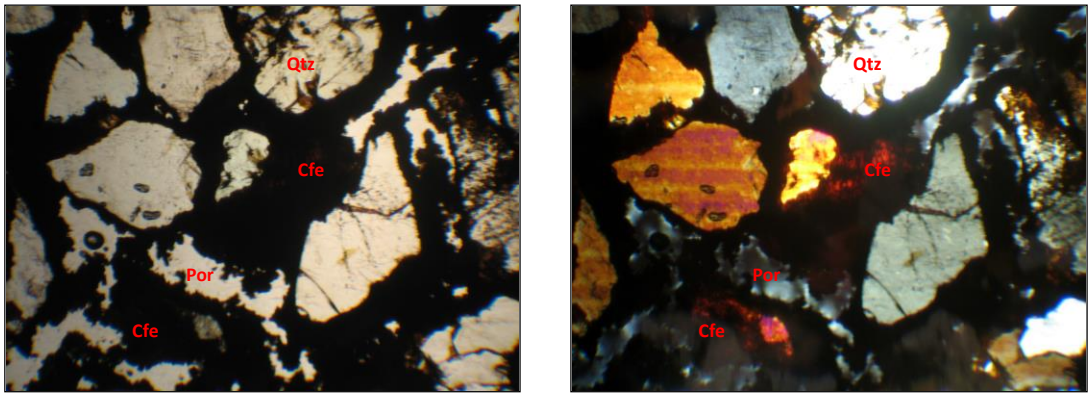
Tabla 13. Muestras analizadas petrográficamente en la unidad de costras ferruginosas.

Muestra	IGM	Localización	Norte	Este	Clasificación composicional
JTV-0261-R	5006556	Vereda Caño Ariba - finca Jamurí - camino hacia caño Bejuco	993.185	890.591	Cuarzoarenita ferruginosa
RCA-0118-R	5006560	Vereda Nueva Colombia - finca la Tawara, rincón cercano a caño Bejuco	999.361	891.178	Cuarzoarenita ferruginosa
RCA-0153-R	5006566	Vereda La Reforma - empresa Camaira, finca Entrepicas, sector Tamaracoco. Junto al río Vichada	972.598	882.598	Cuarzoarenita ferruginosa

En sección delgada, están constituidas por granos de arena fina a gruesa, subangulares a subredondeados, subesféricos, donde el contacto de los granos es flotante, con alta porosidad (6,1%-30,9%) por cementación no uniforme y debido a disolución; y corresponden a arenas de cuarzo cementadas por óxidos – hidróxidos de hierro férrico.

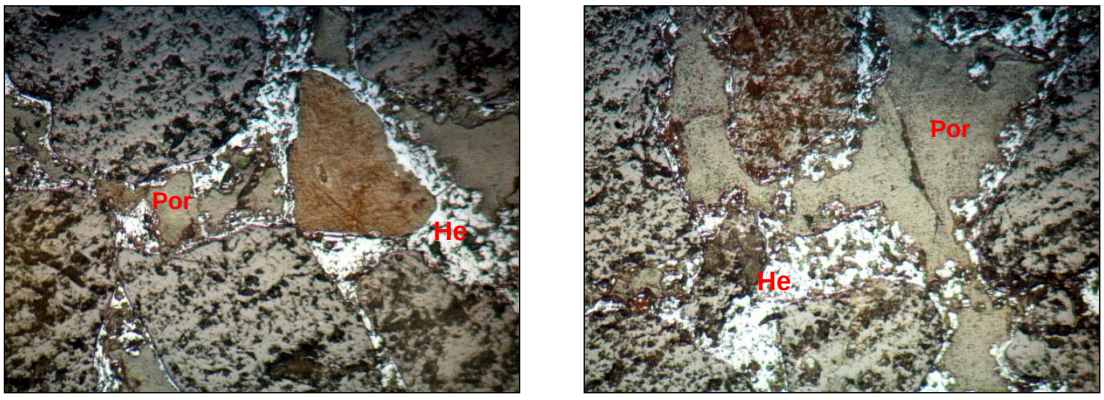
Composicionalmente, contiene cuarzo mono y policristalino (95,4%-100%), con tamaño promedio entre 0,15 a 0,9 mm; líticos de fragmentos de costras

ferruginosas retrabajadas (3,6%-4,6%); cemento ferruginoso (16,0%-33,8%), que corresponde a una masa amorfa de coloración pardo muy oscuro a pardo rojizo, cuya variación de la coloración se debe a la concentración diferencial de óxidos – hidróxidos de hierro férrico (Fotografía 22).



Fotografía 22. Sección delgada IGM-5006566: granos de cuarzo monocristalino (Qtz) inequigranulares, manchados y con marcas de abrasión, cementados por minerales de hierro (Cfe). Escala 3,1 x 2,5 mm. PPL y XPL.

En sección pulida se observa hematita como cemento (24,8%), de color blanco gris pálido con reflectancia moderada, ocupando los espacios entre granos detríticos (Fotografía 23). La ganga corresponde a granos de cuarzo (75%-89%), subangulares, con moderada a mala selección, empaquetados de manera flotante y tangencial. Así mismo, se observan poros que alcanzan un 11,6%.



Fotografía 23. Sección pulida IGM-5006566: cemento hematítico (He) rellenando parcialmente los espacios y presencia de poros intergranulares (Por). Luz reflejada. Escala 1,0 x 0,74 mm.

5.1.4.2 Contactos

La unidad de costras ferruginosas no corresponde en su origen a procesos sedimentarios, sino de enriquecimiento supergénico relacionados a procesos pedogenéticos, originados y desarrollados en la penillanura, y por esta condición permanecen expuestos a condiciones simultáneas de degradación y formación. Por lo tanto, las costras ferruginosas hacen parte de la penillanura, en zonas donde se han presentado condiciones fisicoquímicas especiales, en épocas lluviosas y por consiguiente, no podría establecerse una relación estratigráfica de las costras con respecto a las otras unidades.

5.1.4.3 Correlación

Los análisis petrográficos realizados en muestras de las diferentes unidades litológicas del Bloque 8, indican que tanto en los depósitos eólicos, como en los aluviales, e incluso en las mismas costras ferruginosas, se encuentran fragmentos retrabajados de arenas ferruginosas cementadas, lo cual confirma que éstas son el resultado de procesos pedogenéticos, originados y modificados por variaciones climáticas y el nivel freático; por ello no puede establecerse una correlación estratigráfica con otras unidades.

5.1.5 Depósitos aluviales (Qa)

Son depósitos recientes asociados a la dinámica aluvial del río Vichada, los caños Ariba, Bejuco y Rojo, y sus afluentes menores. Se identificaron tres tipos de depósitos aluviales: llanuras de inundación, con formas planas, alargadas, cubiertas por vegetación arbórea baja y pastos (Fotografía 24); depósitos de baja energía asociados con drenajes menores y zonas colinadas de penillanura disectada (valles en “U”), donde hay erosión de la penillanura y deposición cercana al área de aporte; y barras de arena asociadas a los drenajes principales, y su extensión depende de la magnitud del drenaje, de manera que en el caso del río Vichada se observan llanuras y barras con dimensiones que superan los centenares de metros, mientras que en caños y tributarios menores estos cuerpos pueden medir metros o decenas de metros de longitud.

Fotografía 24. Planicie extensa de depósito aluvial, en la margen derecha del río Vichada cubierta por pastos. Estación GAM-0078, 990.483.m.N. y 910.461.m.E.

5.1.5.1 Descripción litológica

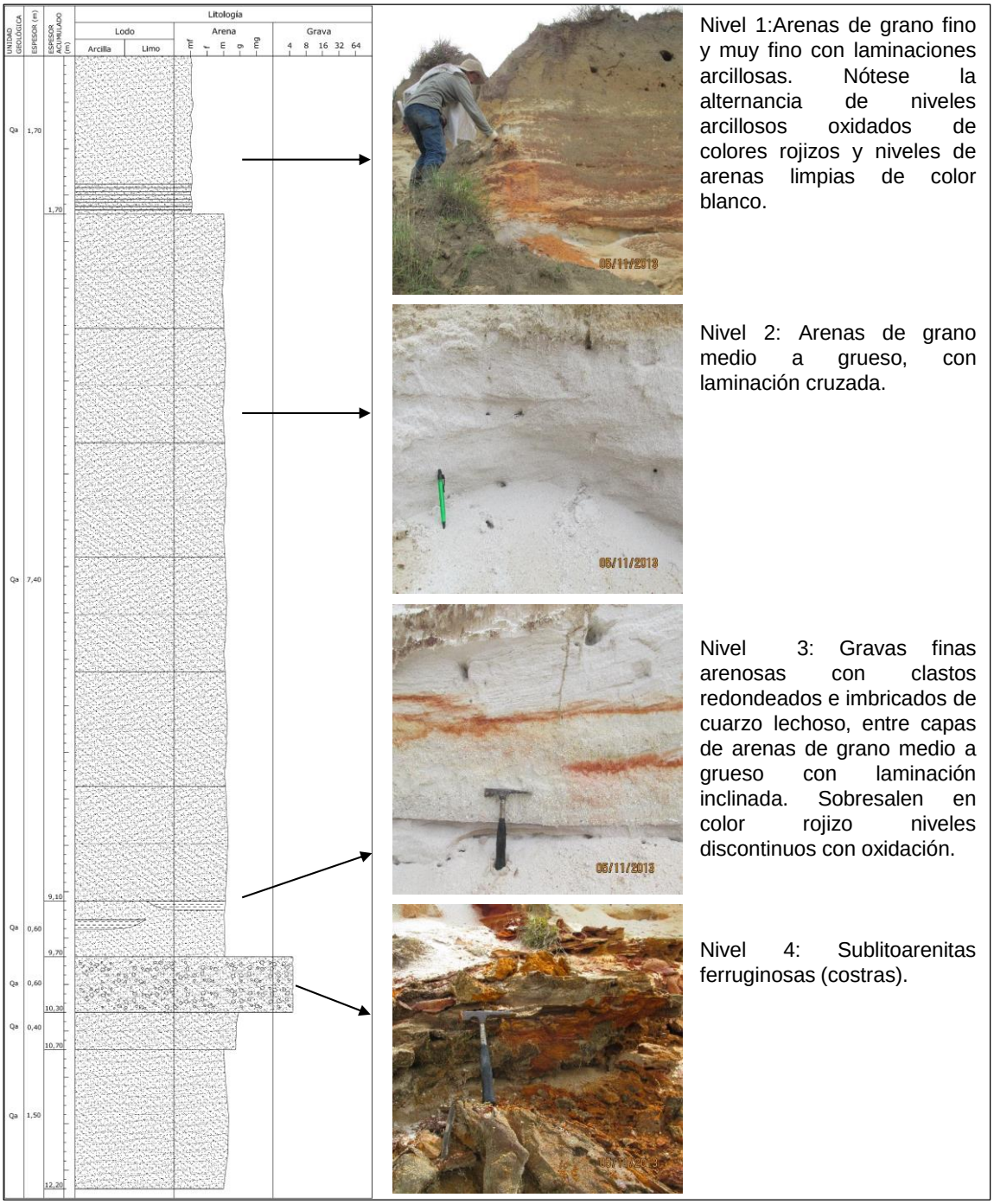
Las llanuras de inundación están constituidos por sedimentos no consolidados: arenas finas a muy finas y limos (Fotografía 25). Las arenas son cuarzosas (>90%), con líticos oxidados y sedimentos retrabajados (<10%), y ocasionalmente magnetita. Los granos son subredondeados a redondeados, subesféricos, y con buena selección. La coloración varía de marrón amarillento oscuro (10YR 4/2), naranja grisáceo (10YR 7/4) a naranja muy pálido (10YR 8/2), de acuerdo al contenido de materia orgánica.

En la estación DPS-0222, ubicada sobre la margen izquierda del río Vichada, en terrenos de la empresa Camaira, se levantó una columna estratigráfica (Fotografía 26), reconociendo cuatro niveles; de base a techo se encuentran niveles de costras ferruginosas, arenas gravosas con laminación cruzada y arenas cuarzosas de grano fino a muy fino (Figura 16).

En la penillanura disectada, es frecuente encontrar valles suaves en “U”, formados entre colinas de costras ferruginosas, con pendiente muy baja a planas cercanas a los drenajes menores; asociadas a depósitos recientes compuestos de materiales erosionados de la penillanura y que no han tenido un transporte significativo.

Fotografía 25. Talud en sedimentos arenosos de depósito aluvial reciente en la margen derecha del río Vichada. Nótese la variación de colores según el contenido de materia orgánica. Estación GAM-0073, 977.186.m.N. y 896.632.m.E.

Fotografía 26. Talud erosivo que expone el depósito aluvial, en la margen izquierda del río Vichada, frente a la comunidad indígena Urbana. Sitio de levantamiento de columna, estación DPS-0222, 978.610.m.N. y 897.172.m.E.



Nivel 1:Arenas de grano fino y muy fino con laminaciones arcillosas. Nótese la alternancia de niveles arcillosos oxidados de colores rojizos y niveles de arenas limpias de color blanco.

Nivel 2: Arenas de grano medio a grueso, con laminación cruzada.

Nivel 3: Gravas finas arenosas con clastos redondeados e imbricados de cuarzo lechoso, entre capas de arenas de grano medio a grueso con laminación inclinada. Sobresalen en color rojizo niveles discontinuos con oxidación.

Nivel 4: Sublitoarenitas ferruginosas (costras).

Figura 16. Columna estratigráfica de depósito aluvial, sobre la margen izquierda del río Vichada. Estación DPS-0222, 978.610.m.N. y 897.172.m.E.

Las barras laterales, centrales y longitudinales del río Vichada se componen de arenas de grano fino a muy fino, ocasionalmente limos y arenas de grano medio (Fotografía 27 y Fotografía 28), de composición cuarzosa (>90 %) con líticos

oxidados (<10%), con magnetita; la forma de los granos es redondeada a subredondeada, subesférica, con buena selección; y tienen un espesor de hasta 0,8 m por encima del nivel actual del río, cubiertas por pastos y arbustos.

Fotografía 27. Barra de arena en la margen izquierda del río Vichada. Estación DPS-0225, 984.975.m.N. y 907.698.m.E.

Fotografía 28. Detalle de arena de grano medio en barra de arena, margen izquierda del río Vichada. Estación GAM-0075, 978.177.m.N. y 901.750.m.E.

El análisis mineralógico a partir de los resultados de DRX (Tabla 14) estableció que los depósitos aluviales están compuestos por cuarzo (40,2%-100%), caolinita (2,0-59,5%), y en ocasiones, goethita, moscovita y vermiculita.

Tabla 14. Resultados mineralógicos de DRX (%) en los depósitos aluviales.

Muestra	IGM	Cuarzo	Caolinita	Goethita	Vermiculita	Moscovita
		SiO_2	$Al_2(SiO_5)(OH)_4$	$Fe^{+3}O(OH)$	$Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$	$(K, Na)(Al, Mg, Fe)_2(Si_{3.1} Al_{0.9})O_{10}(OH)_2$
ACH-0233-S	5006526	40,2	59,5	-	-	0,3
ACH-0234-S	5006527	100,0	-	-	-	-
DPS-0222-S-D	5006533	100,0	-	-	-	-
GAM-0072-S-A	5006545	95,2	2,7	2,0	-	-
GAM-0072-S-B	5006546	55,0	39,0	5,0	-	0,9
GAM-0073-S	5006547	77,8	21,9	-	0,1	0,2
GAM-0080-S	5006551	100,0	-	-	-	-
GAM-0116-S	5006552	98,0	2,0	-	-	-

5.1.5.2 Contactos

Los depósitos aluviales corresponden a la unidad litológica más reciente; suprayacen estratigráficamente tanto los depósitos eólicos como a los depósitos aluviales en penillanura.

5.1.5.3 Correlación

Los resultados palinológicos de las muestras analizadas (Tabla 15), indican que los sedimentos del material aluvial fueron depositados en pantanos muy someros, que permitieron un gran desarrollo de hongos, por la presencia de *Hyphae* y de *Pinus,* se asocia a sedimentos relacionados con suelos muy recientes.

Tabla 15. Resultados palinológicos en los depósitos aluviales.

Muestra	IGM	Edad	Ambiente	Observaciones
DPS-0222-SB	5006532	Reciente	Pantano muy somero	La materia orgánica recuperada de esta muestra se compone básicamente de material herbáceo mezclado con material degradado. Suelos recientes formados en pantanos muy someros.
GAM-0079-P	5006550	¿Reciente?	Pantano muy somero	Materia orgánica dominada por la presencia de fragmentos de charcoal probablemente provenientes de quemas de vegetación. Los palinomorfos recuperados presentan colores muy pálidos. Sedimentos recientes depositados en pantanos muy someros rodeados de pastos.
GAM-0116-S	5006552	Reciente	Pantano somero	Depósito de sedimentos en pantanos muy someros que permitieron un gran desarrollo de hongos. Dominante presencia de *Hyphae,* las cuales en ocasiones se confunden con fragmentos de delgadas raíces. Sedimentos muy recientes posiblemente relacionados con suelos recientes. Presencia de *Pinus.*

Estos depósitos son correlacionables con los depósitos y llanuras aluviales recientes (Qal) de Vargas *et al*. (1988) y (Q-al) de Gómez *et al*. (2007a), asociados con los cauces y las llanuras de inundación de los drenajes que en la actualidad, conforman la red hídrica de la plancha.

6 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

En la región de la Orinoquía, los diferentes trabajos estructurales con enfoque económico, están basados en información de perforaciones, perfiles sísmicos, mapas gravimétricos y magnetométricos, los cuales sugieren una cuenca compuesta por un basamento cristalino de edad precámbrica que se profundiza progresivamente hacia el oeste. Sobre el basamento reposa una espesa sucesión de rocas sedimentarias cuya edad varía entre el Paleozoico y el Neógeno, de ambientes continentales a marinos de plataforma, que se acuñan gradualmente hacia el este.

El Bloque 8 está localizado en una zona tectónicamente estable, caracterizada por dos ambientes geomorfológicos: al noroeste del río Meta de planicie de abanico aluvial y al sureste de penillanura erosional (Figura 17). Las diferencias estructurales, para las diferentes planchas que conforman el bloque, están dadas por la ubicación de cada plancha, la influencia de los ambientes y la Falla del Meta.

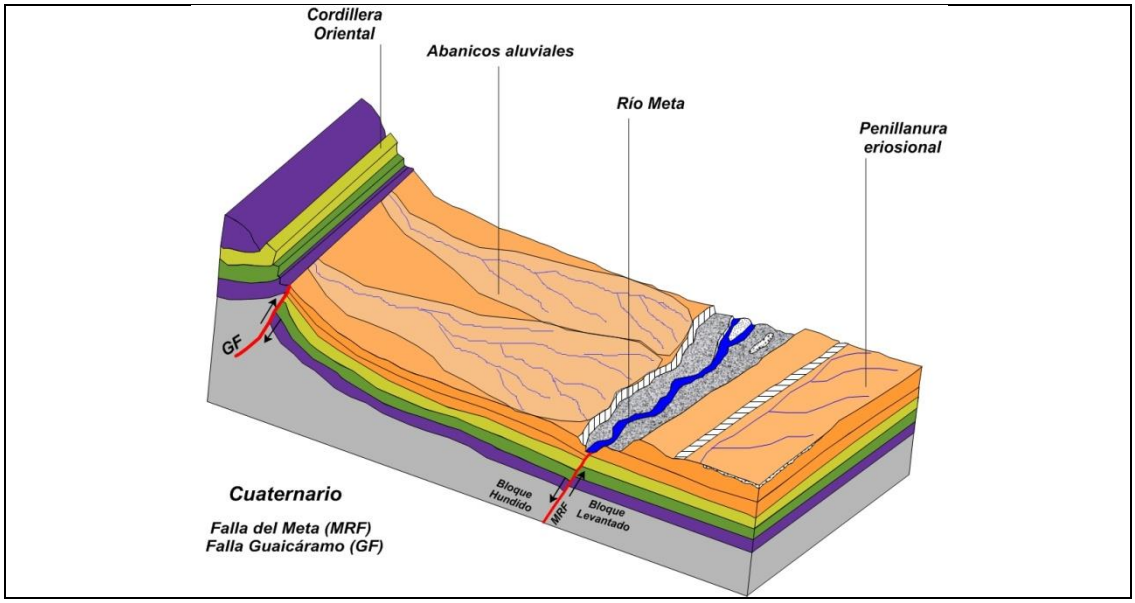


Figura 17. Bloque diagrama con la configuración estructural de la cuenca de los Llanos Orientales.

La Plancha 257 – Caño Ariba se localiza en la margen derecha del río Meta, hace parte de un bloque estructural donde no se observan estructuras geológicas. La estabilidad tectónica del bloque hace que este capítulo sea idéntico para cada una de las planchas que conforman el área de estudio.

6.1 CONFIGURACIÓN TECTÓNICA

El Bloque 8 abarca parte de la cuenca de los Llanos Orientales, la cual ha sido considerada como una cuenca continental de tipo divergente, con épocas de relleno y fracturamiento durante el Paleozoico inferior y superior respectivamente, como parte de una megacuenca que se extendía desde la Cordillera Oriental hasta el Escudo Guyana, separada de la Cordillera Oriental durante la Orogenia Andina (Graterol, 2008).

GRP Ltda (2010a,b), menciona que la zona del Vichada pertenece a la denominada Provincia Oriental-Casanare-Vichada, la cual se caracteriza por la relación paraconforme que exhibe las unidades del Paleozoico (Formación Negritos) con las del Cretáceo-Cenozoico (formaciones Ubaque, Gacheta, Guadalupe, Mirador, Carbonera, León y Guayabo), de lo que se deduce la poca o nula actividad tectónica en ese tiempo para esta parte de la cuenca. La secuencia sedimentaria está ligeramente deformada por fallas normales sintéticas y antitéticas de poco desplazamiento que afectan la sección sedimentaria completa, involucrando al basamento.

Los modelos geológicos interpretados por Graterol (2008), a partir de los datos gravimétricos y magnetométricos, muestran la disminución de los espesores de las secuencias sedimentarias cenozoicas (formaciones Arcillas del Limbo, Areniscas del Limbo, San Fernando, Diablo y Caja) y cretácicas (Grupo Cáqueza, formaciones Fómeque, Une y Chipaque, Grupo Palmichal y Grupo Guadalupe) a medida que se aleja del piedemonte cordillerano, mientras hacia el extremo este no existe secuencia ceno-mesozoica, pero aparecen los semigrabenes paleozoicos. Alvarado *et al*., (2010a), mencionan fallas y lineamientos hacia el centro sur del departamento del Meta, asociadas a estructuras paleozoicas de tipo normal casi verticales e inclinadas al oeste, sin evidencias de fallas en superficie.

Alvarado *et al*., (2010a) mencionan que hacia la porción media a distal de la cuenca de antepaís, en el relieve de llanura, no se encontraron evidencias de fallas en superficie, pero predomina un estilo estructural extensivo con presencia de fallas normales de rumbo preferencial NE-SW, con alto ángulo de buzamiento, que en profundidad parten del basamento, afectando unidades que van desde el Paleozoico hasta el Cuaternario, mostrándose así en registros sísmicos. El origen de estas fallas corresponde a una respuesta del basamento

a las cargas del cinturón orogénico, el cual se flexiona y en consecuencia origina estructuras de deformación frágil.

6.2 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL LOCAL

La configuración estructural de la Plancha 257 – Caño Ariba está dada por un bloque tectónicamente estable limitado el este con la Falla del Meta; en esta parte de la penillanura erosional no se encontraron rasgos geomorfológicos que permitan definir la existencia de estructuras falladas.

7 GEOLOGÍA ECONÓMICA

En la región del Vichada, la geología económica ha estado enfocada principalmente a la exploración de hidrocarburos, por lo que se han perforado varios pozos exploratorios y se han definido los campos petrolíferos de Sardinas, Caño Cuya, Guasar y Guarilaque en los alrededores del Bloque 8 (en la Plancha 233). En los últimos años se ha mencionado la existencia de recursos minerales metálicos y no metálicos, que han incrementado la exploración de minerales, con el fin de conocer la calidad y cantidad de los mismos.

En la Plancha 257 – Caño Ariba se tomaron 44 muestras de suelos y rocas, todas ellas utilizadas para análisis geoquímicos. El Anexo G presenta el mapa de muestras de laboratorio, seleccionadas para análisis de laboratorio, indicando las muestras con los tipos de análisis realizados, mientras que el Anexo H contiene los reportes de laboratorio de los análisis químicos correspondientes.

En este capítulo se hace un análisis de los resultados geoquímicos obtenidos en esta plancha, así como una recopilación de los títulos mineros existentes dentro del área. Cabe mencionar, que de acuerdo con la recopilación bibliográfica son pocos los estudios geoquímicos en el área, ni se conocen minerales económicamente explotables.

7.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS GEOQUÍMICOS

Para el análisis inicial de los resultados geoquímicos, se realizó una revisión de los valores obtenidos para los 39 elementos considerados; esto permitió identificar los elementos a evaluar (Al, Fe, Mn, Zn, V, Cr y Ar) teniendo en cuenta los siguientes aspectos: el contenido reportado y la dispersión de los datos para cada uno de los elementos, el interés económico de ciertos minerales, según información obtenida del Catastro Minero Colombiano –CMC, en relación con los minerales solicitados y/o titulados, así como por las anomalías estimadas en otros trabajos geológicos de cartografía aledaños al área del Bloque 8.

Al analizar los resultados geoquímicos, se consideró el método estadístico de Lepeltier (1969) que tiene en cuenta la definición de un umbral de anomalía

calculado en términos de la desviación estándar y el promedio de los datos, de la siguiente manera:

$$t = b + 2s$$

Donde: t = umbral máximo o anomalía geoquímica; por encima de éste, se consideran valores anómalos.
b = promedio de todos los datos
s = desviación estándar

El valor definido con esta fórmula asume que los datos geoquímicos siguen una distribución normal o de Gauss. Cabe mencionar que para calcular las anomalías y dado que la precisión de las mediciones disminuye cuando se acerca al límite de detección – LD -, fue necesario reemplazar los valores inferiores al LD por la mitad de este valor en aquellos casos que tuviesen esa característica. Para el caso del hierro, en donde se evidencian datos que están por encima del límite superior según el método empleado (>15%), este valor fue reemplazado por 15,1% para poder considerarlo en los procedimientos estadísticos. Algunas de estas muestras tienen información más específica obtenida del análisis volumétrico de hierro.

De acuerdo a los resultados obtenidos se consideró la presencia de posibles anomalías en el área para aluminio, hierro, manganeso, zinc, vanadio, cromo y arsénico. A continuación se evalúa cada uno de estos elementos:

7.1.1 Aluminio (Al)

Según los análisis obtenidos para aluminio, se estableció una anomalía de 6,60% (Tabla 16). La muestra JTV-0258-S (arcilla asociada a un depósito de penillanura), localizada en la vereda Caño Ariba - camino hacia caño Bejuco, presenta un contenido de 7,48%, el mayor valor registrado en Al para esta plancha.

Tabla 16. Rangos y muestras anómalas en el contenido de Al (%).

ICP-12B		Anomalía	Muestras anómalas
Rango (%)	Cantidad de muestras		
≤ 2,0	27	t = 6,60%	RCA-0132-S (6,79%) JTV-0258-S (7,48%)
2,1 – 4,0	7		
4,1 – 6,1	8		
> 6,2	2		

7.1.2 Hierro (Fe)

El contenido de hierro varía entre 0,36% y 31,1%; se consideró como anomalía geoquímica a partir de un contenido mayor a 13,28%; las muestras anómalas que presentan valores por encima del LD (Tabla 17), hacen parte de las costras ferruginosas, a las cuales se les practicó análisis volumétrico de Fe y arrojaron un contenido de hierro férrico por encima del 21% (Tabla 18).

Tabla 17. Rangos y muestras anómalas en el contenido de Fe (%).

ICP-12B		Anomalía	Observaciones
Rango (%)	Cantidad de muestras		
≤ 2,0	19	t = 13,28%	Existen 4 muestras que el valor arrojado corresponde al límite superior (15%), algunas tienen como análisis complementario el volumétrico de hierro.
2,1 – 6,0	16		
6,1 – 13,0	3		
≥ 13,1	5		

Tabla 18. Resultados obtenidos del análisis volumétrico de Fe (%).

ID Muestra	Fe (%)	ID Muestra	Fe (%)
JTV-0272-R	21,07	JTV-0261-R	28,19
RCA-0153-R	21,89	RCA-0118-R	31,1

7.1.3 Manganeso (Mn)

Para el análisis del Mn se estableció una anomalía de 227,63 ppm (Tabla 19). La muestra JTV-0272-R (asociada a una costra ferruginosa), localizada en la vereda La Reforma, finca Entrepicas, presenta un contenido de 323 ppm para este elemento, el mayor valor registrado para este elemento.

Tabla 19. Rangos y muestras anómalas en el contenido de Mn (ppm).

ICP-12B		Anomalía	Muestras anómalas
Rango (ppm)	Cantidad de muestras		
≤ 100	32	t = 227,63 ppm	RCA-0153-R (229 ppm) JTV-0250-S (315 ppm) JTV-0272-R (323 ppm)
100,1 – 200	9		
200,1 – 220	0		
> 220,1	3		

7.1.4 Zinc (Zn)

Para Zn se estableció una anomalía de 96,56 ppm (Tabla 20). La muestra JTV-0250-S, localizada en vereda Nueva Colombia, presenta un contenido de 177,3 ppm, el mayor valor reportado en Zn para esta plancha.

Tabla 20. Rangos y muestras anómalas en el contenido de Zn (ppm).

ICP-12B		Anomalía	Muestras anómalas
Rango (ppm)	**Cantidad de muestras**		
≤ 40,0	38	t = 96,56 ppm	RCA-0118-R (146,8 ppm) JTV-0250-S (177,3 ppm)
40,1 – 80,0	2		
80,1 – 96,0	2		
> 96,1	2		

7.1.5 Vanadio (V)

Con base en los resultados para V en las muestras de esta plancha, se estableció una anomalía de 170,21 ppm (Tabla 21). La muestra RCA-0157-S-C (asociada a un depósito de penillanura), presenta un contenido de 198 ppm, el mayor valor registrado para este elemento.

Tabla 21. Rangos y muestras anómalas en el contenido de V (ppm).

ICP-12B		Anomalía	Muestras anómalas
Rango (ppm)	**Cantidad de muestras**		
< 50,0	22	t = 170,21 ppm	RCA-0157-S-C (198 ppm)
50,1 – 100,0	8		
100,1 – 170,0	13		
> 170,1	1		

7.1.6 Cromo (Cr)

El análisis del contenido de Cr para esta plancha, permitió establecer una anomalía de 144,60 ppm (Tabla 22). La muestra DPS-0222-S-A tomada en un afloramiento en orillas del río Vichada, registra un valor de 194 ppm, anómalo para el contenido reportado en las otras muestras.

Tabla 22. Rangos y muestras anómalas en el contenido de Cr (ppm).

ICP-12B		Anomalía	Muestras anómalas
Rango (ppm)	**Cantidad de muestras**		
≤ 50	6	t = 144,60 ppm	ACH-0234-S (146 ppm) ACH-0270-S (150 ppm) DPS-0222-S-A (194 ppm)
51 – 100	29		
101 – 140	8		
> 141	3		

7.1.7 Arsénico (As)

De acuerdo con los resultados de As, se consideró una anomalía de 61,98 ppm (Tabla 23). La muestra JTV-0250-S, presenta un contenido de 175 ppm, anómalo considerando el reportado en las otras muestras de esta plancha.

Tabla 23. Rangos y muestras anómalas en el contenido de As (ppm).

ICP-12B		Anomalía	Muestras anómalas
Rango (ppm)	Cantidad de muestras		
≤ 10,0	41	t = 61,98 ppm	JTV-0250-S (175 ppm)
10,1 – 50,0	1		
50,1 – 61,0	0		
> 61,1	1		

7.1.8 Difracción de Rayos X (DRX)

La composición mineralógica de las unidades geológicas de acuerdo a los análisis de DRX es homogénea (Figura 18), pues se observa un predominio de cuarzo en los sedimentos arenosos y caolinita en la fracción arcillosa. En general, los sedimentos corresponden a arenas finas cuarzosas, limpias muy transportadas y arcillas caoliníticas, que obedecen a procesos de alta transformación propios en la zona.

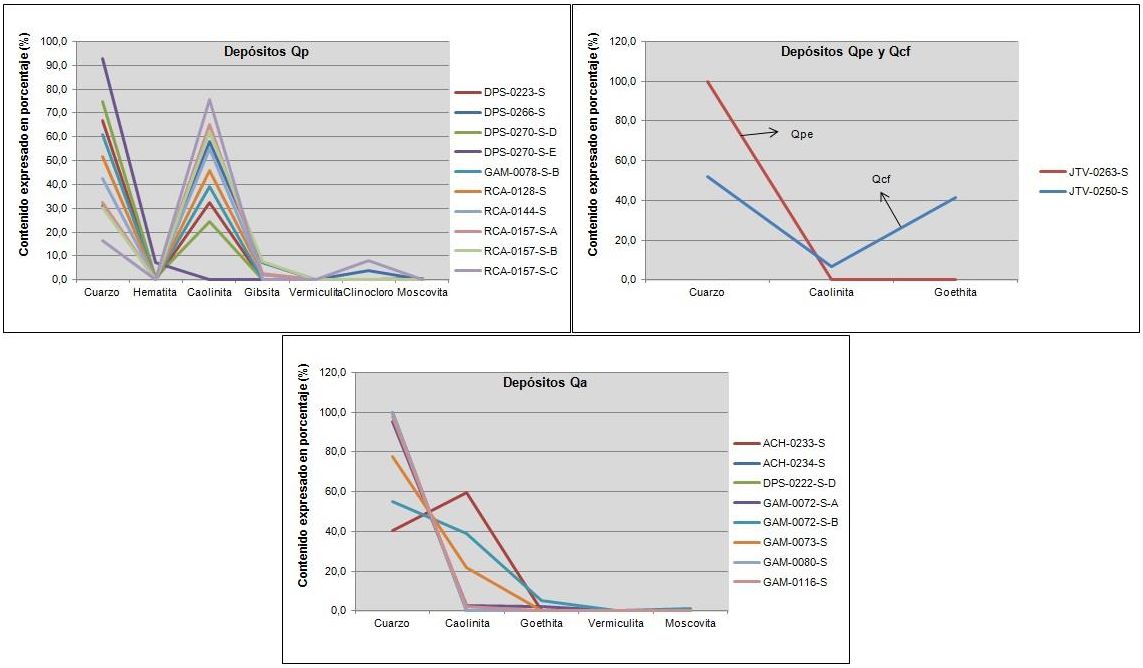


Figura 18. Composición mineralógica por unidad geológica.

7.1.9 Fluorescencia de Rayos X (FRX)

Los resultados obtenidos a través de FRX (Tabla 24) reflejan un predominio de SiO_2, Al_2O_3 y Fe_2O_3, el cual se relaciona con los contenidos de cuarzo y arcillas ricas en hierro y aluminio, como lo evidenciaron los demás resultados geoquímicos.

Tabla 24. Resultados de óxidos mayores obtenidos mediante FRX (%).

Muestra	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2	CaO	MgO	Na_2O	K_2O	MnO	Cr_2O_3	P_2O_5	SO_3	PPI
GAM-0078-S-B	71,12	17,69	0,07	1,60	0,09	0,03	0,63	0,60	0,07	0,04	0,26	0,12	7,39
RCA-0144-S	48,85	27,18	8,01	2,44	0,10	0,03	0,22	0,26	0,07	0,04	0,20	0,14	11,43

7.2 INFORMACIÓN DEL CATASTRO MINERO COLOMBIANO - CMC

Según la información existente en la página del CMC de la Agencia Nacional Minera – ANM (información consultada el 18 de febrero de 2014), en el área de la plancha no existen títulos mineros otorgados, no obstante, se encuentran cuatro solicitudes de contratos de concesión (Figura 19).

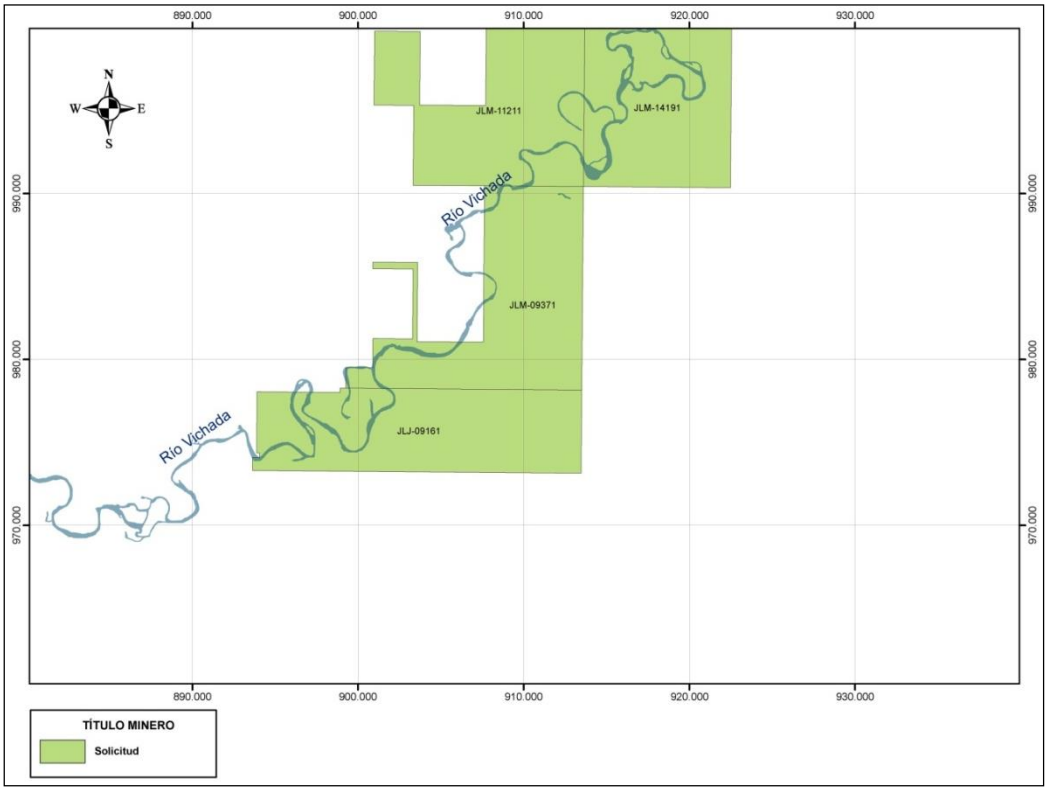


Figura 19. Localización de solicitudes mineras en la Plancha 257 – Caño Ariba.

Las solicitudes mineras hacen referencia a minerales metálicos (Tabla 25), sin embargo, durante los trabajos de campo, no se observó algún indicio de la existencia de tales minerales. Cabe mencionar, que según los resultados geoquímicos, existen valores anómalos de hierro, manganeso, vanadio, circonio y níquel, asociadas a muestras de costras ferruginosas y arcillas de la penillanura.

Tabla 25. Listado de solicitudes mineras en la Plancha 257 – Caño Ariba.

Código	Municipio	Tipo de título	Área (ha)	Minerales
JLJ-09161	Cumaribo	Solicitud	9.700,67	Minerales de niobio, tantalio, vanadio o circonio y sus concentrados. Minerales de hierro. Minerales de manganeso y sus concentrados. Minerales de oro y platino y sus concentrados. Minerales de níquel y sus concentrados. Demás concesibles.
JLM-09371	Cumaribo	Solicitud	9.816,13	
JLM-11211	Cumaribo	Solicitud	9.788,88	
JLM-14191	Cumaribo	Solicitud	9.964,50	

Fuente: Información consultada el 18 de febrero de 2014 en la página web del Catastro Minero Colombiano, Agencia Nacional de Minería –ANM–.

7.3 CARACTERIZACIÓN DE ÁREAS POTENCIALES

El área está caracterizada por la presencia de depósitos cuaternarios de origen aluvial y eólico, materiales sobre los cuales se han desarrollado planicies aluviales y eólicas parcialmente disectadas por la dinámica fluvial reciente.

La penillanura está constituida por materiales arcillosos y lodosos con altos niveles de oxidación, producto de los cambios climáticos ocurridos durante el Cuaternario, que han ocasionado la formación de horizontes petroférricos (suelos de color rojizo). Las épocas de lluvias propician la pérdida de elementos solubles de los suelos, mientras que en las épocas secas se ve favorecida la polimerización de sustancias húmicas como el endurecimiento de horizontes y la cementación (materiales petroférricos) a partir de la deshidratación de compuestos de hierro (Malagón, 2003).

El avanzado grado de alteración de la penillanura se manifiesta en la composición mineralógica de arenas y limos (cuarzo con trazas de circón, turmalina, anatasa y materiales opacos de Fe); en la fracción arcillosa

predominan caolinita, óxidos-hidróxidos de hierro, pirofilita y gibsita, correspondiendo a procesos de alta transformación y pérdida de elementos (Ca, Mg, K, Na, y Si, entre otros) y, en menor extensión, ferruginación relacionada con translocación de arcillas, alteración avanzada y alta acidez, que han obrado desde el Plio-Pleistoceno, bajo la acción de cambios climáticos (Malagón, 2003).

En el desarrollo del trabajo de campo se evidenció la presencia de manifestaciones de ciertos materiales que pueden llegar a tener alguna importancia económica, tal es el caso de las costras ferruginosas y algunas arcillas, que se tratan a continuación.

7.3.1 Costras ferruginosas

Las costras ferruginosas caracterizadas por el relieve ondulado y discontinuo a lo largo de la penillanura, son producto de un enriquecimiento supergénico a través de procesos químicos donde se acumulan óxidos e hidróxidos de hierro, cementando arenas cuarzosas, dando una textura granular.

De acuerdo a los resultados obtenidos, estas costras dan contenidos de importancia en hierro, aluminio y manganeso, no obstante, estas manifestaciones se restringen a afloramientos locales de poca extensión, de espesor variable, por lo cual no se consideran como un depósito de mineral de hierro. Las costras nodulares de tamaño grava son utilizadas como afirmado en las vías de penetración y material de relleno para la construcción de viviendas.

7.3.2 Arcillas

La presencia de abundante material arcilloso asociado a los depósitos de penillanura, podría utilizarse en la industria de la construcción; los minerales que predominan en estos materiales son caolinita + gibsita y cuarzo en relación 1:1 y 2:1, por lo que se recomienda realizar estudios detallados en aquellas zonas con predominio de arcillas con el fin de conocer las características y posibilidades económicas de extraer este tipo de materiales.

8 EVOLUCIÓN GEOLÓGICA

La reconstrucción en el tiempo geológico de los eventos que dieron origen a la conformación geológica actual de las planchas que comprende el Bloque 8, se encuentra íntimamente ligada a los procesos que han afectado la cuenca de los Llanos Orientales; de esta manera, no es posible hablar de los eventos que dieron origen a cada una de las planchas en particular, sino de la evolución geológica de la cuenca en el contorno regional.

Desde el Paleozoico al Cenozoico Tardío, las cuencas sedimentarias de Colombia han sufrido cambios en su dirección y forma debido a los diferentes eventos de *rifting* y colisiones oblicuas seguidas por deformaciones tectónicas transpresionales y transtensionales (Barrero *et al*., 2007).

La esquina noroeste de América del Sur, donde se ubica Colombia, ha experimentado diferentes eventos geológicos que controlan la génesis, distribución, relleno y estructuras de delimitación de las cuencas sedimentarias. Según Campos (2011) Colombia puede ser dividida en 3 principales dominios tectónicos:

- La región oeste, localizada al oeste del Sistema de Fallas de Romeral, está conformada por terrenos oceánicos de edades mesozoicas-cenozoicas acrecionados a la margen continental durante el Cretácico Superior, Paleógeno y Neógeno.
- La región central, limita al oeste por el Sistema de Fallas de Romeral y al este por la falla de Guaicáramo. Comprende la Cordillera Oriental, la Sierra Nevada de Santa Marta, el valle del río Magdalena y la Cordillera Central. En esta región se encuentra una cubierta sedimentaria-metamórfica depositada sobre un basamento Greenvilliano posiblemente acrecionado al borde Sur Americano durante el Paleozoico (Barrero *et al*., 2007).
- La región este (donde se ubica la zona de estudio) está limitada en el oeste por la falla de Guaicáramo y se compone de un basamento precámbrico-paleozoico con una cubierta sedimentaria paleozoica-cenozoica que ha sufrido leves deformaciones.

En el último de estos dominios se ubica la cuenca de los Llanos Orientales, que abarca aproximadamente 194.000 km^2 y es drenada desde el oeste al este por los ríos Arauca, Meta, Casanare y Vichada, que desembocan en el río

Orinoco. Es considerada una de las cuencas de hidrocarburos más prolíficas a lo largo del flanco este de los Andes en Colombia (Barrero *et al*., 2007). El límite norte de esta cuenca es la frontera colombo-venezolana, al sur se extiende hasta la Sierra de la Macarena, el Arco del Vaupés y las rocas metamórficas del Precámbrico que afloran al sur del río Guaviare, el límite este está caracterizado por afloramientos de rocas plutónicas precámbricas del Escudo Guayanés y al oeste limita con el sistema de fallas de la Cordillera Oriental (Campos, 2011).

En términos generales, la cuenca de los Llanos Orientales es una cuenca subandina sedimentaria con edad Paleozoico-Cenozoico. Durante el Mesozoico hacía parte de una cuenca de *rift* y *postrift* pero durante el Cenozoico Temprano se convirtió en una cuenca antepaís (*foreland*) debido al levantamiento de la Cordillera Central al oeste colombiano. Durante el Mioceno Temprano hasta el reciente esta cuenca se separó de la cuenca del Magdalena Medio por el levantamiento de la Cordillera Oriental, definiendo su forma y extensión actual. La forma actual de la cuenca corresponde a una cuña asimétrica sedimentaria, típico de las cuencas de antepaís, depositados sobre la superficie inclinada del basamento del Escudo Guayanés, siendo más profunda hacía el borde oeste adyacente al plegamiento del cinturón de la Cordillera Oriental.

Esta área forma parte del Escudo Guayanés – Cratón Amazónico, lo cual sugiere una zona de aporte de sedimentos sujeta a influencia marina. Los eventos tectónicos que han influido en el desarrollo de esta cuenca están ligados al desarrollo de la margen oeste activa de Suramérica y la evolución estructural regional se puede dividir en 10 eventos principales (Cooper *et al.*, 1995):

1. Post - Precámbrico: comienza la formación de la margen paleozoica de la cuenca de los Llanos, parece estar ligado a la parte marginal de la plataforma continental del Escudo Guayanés.
2. Precámbrico - Paleozoico: las rocas encontradas y datadas en esta cuenca permiten establecer que en el Paleozoico y en la mayor parte de Mesozoico, fue un área fuente de sedimentos.
3. Triásico - Cretácico Temprano: cuencas de "*rift*" desarrolladas como resultado de la separación de Norte y Sur América, originando el mar Caribe (~ 235-130 Ma); esta es la megasecuencia de "*synrift*".
4. Barremiano - Maastrichtiano: ocurrieron fenómenos tectónicos distencionales y subsidencia que permitió la depositación en un ambiente bastante tranquilo de una sedimentación marina epicontinental. La evolución geodinámica del este colombiano se divide en dos grandes periodos: uno de distensión durante el cual se produjeron importantes

movimientos de tipo normal de fallas que limitaban *horsts* y *grabens*, y la sedimentación estaba marcada por rápidos cambios longitudinales y transversales de facies y de espesor; y luego, a partir del Albiano, un periodo de enfriamiento lento de la litósfera sin movimiento de las fallas, lo cual permitió una subsidencia térmica regional que afectó el conjunto del Oriente Andino y la parte más oeste de los Llanos Orientales (Toussaint, 1996).

5. Maastrichtiano - Paleoceno Temprano: la acreción de la Cordillera Occidental finalmente causó el levantamiento y erosión de la Cordillera Central (~ 74-65 Ma), este es el inicio de la megasecuencia de la cuenca de antepaís Pre-andina.
6. Eoceno Medio: un evento de deformación compresional afectó al valle del río Magdalena y la margen oeste de la Cordillera Oriental (~ 49-42 Ma), debido al aumento en las tasas de convergencia de las placas Nazca y Sur América.
7. Eoceno Tardío – Oligoceno Tardío: ocurre un período prolongado de subsidencia y fallamiento normal en respuesta a la flexión de la litósfera en la cuenca de *foreland* creada por la carga de deformación de las cordilleras Occidental y Central (~39-29 Ma).
8. Oligoceno Tardío - Mioceno Temprano: deformación en los valles del Cauca y Magdalena causó una continua subsidencia en la cuenca de los Llanos Orientales (~ 29-16.5 Ma).
9. Mioceno Medio: una fase de subsidencia rápida, comienza la deformación, levantamiento y erosión de la Cordillera Oriental y se establece el centro de depositación de la cuenca antepaís en el piedemonte llanero (~ 16.5-10.5 Ma).
10. Mioceno Tardío-Reciente: última fase de compresión e inversión asociada a la formación del plegamiento frontal y al cinturón de la Cordillera Oriental (10,5 Ma-actualidad). Activación de Falla del Meta, provocando que al este del río Meta se presente erosión y no sedimentación. En el límite Pleistoceno-Holoceno se presentan épocas secas, que sumadas a la alta erosión en la cordillera, dan origen a depósitos eólicos (Goosen, 1971).

En la Figura 20 se muestra esquemáticamente la evolución de la cuenca de los Llanos Orientales desarrollada por Sarmiento (2011). Se observa que en su etapa inicial en el Paleozoico, el Devónico-Carbonífero y el Pérmico Temprano inició como un mar epicontinental relativamente superficial, con un régimen extensional (eventos 1 y 2 de Cooper *et al*., 1995). En el Jurásico Tardío-Cretácico Temprano, el oeste de la cuenca correspondió a una cuenca extensional de *rift* (evento 3).

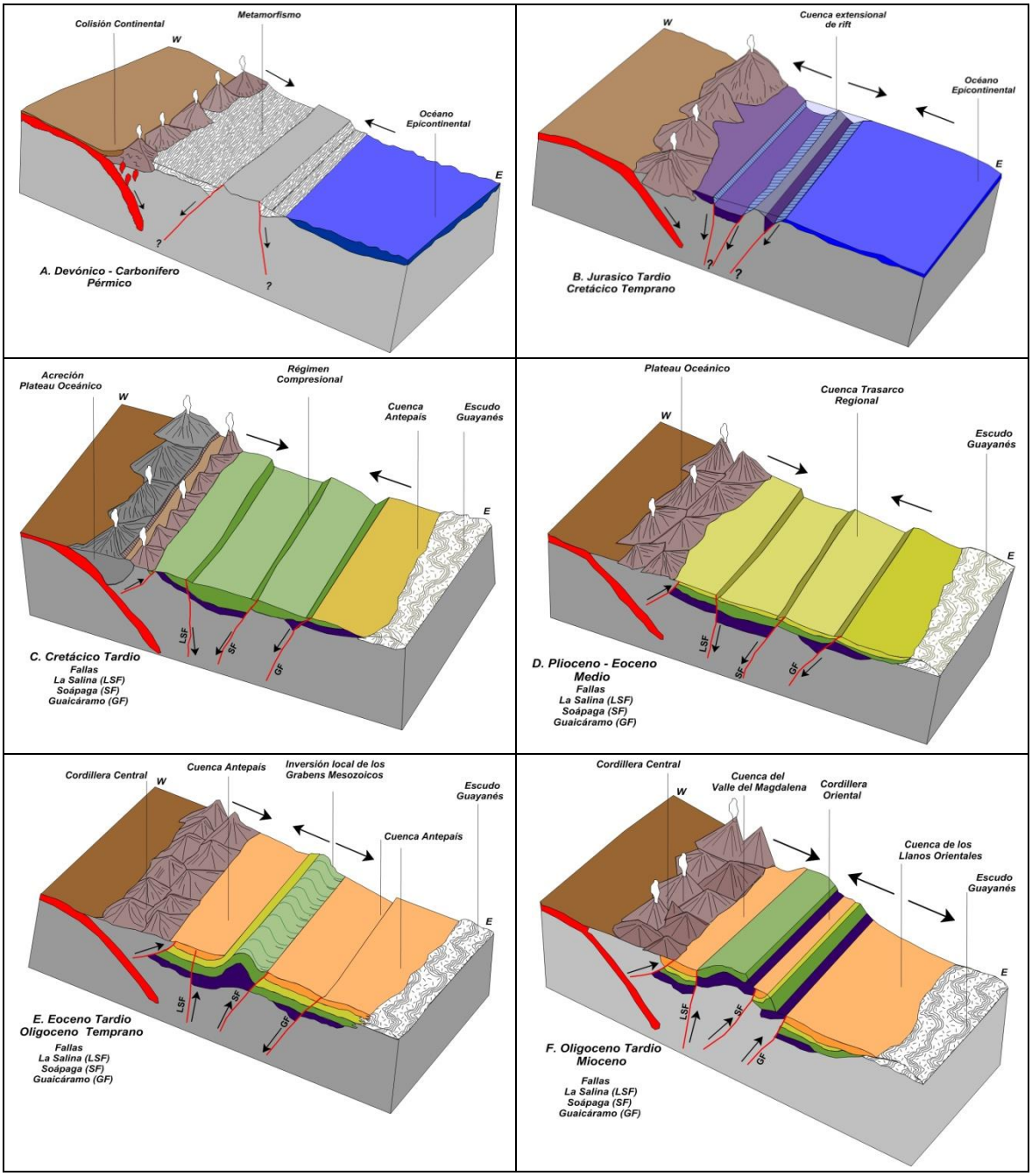


Figura 20. Evolución de la cuenca de los Llanos Orientales (modificado de Sarmiento, 2011).

En el Cretácico Tardío la acreción de un *plateau* oceánico generó un régimen compresional y levantamiento de las rocas de la Cordillera Central y la zonas del Valle Medio del Magdalena, Cordillera Oriental y los Llanos Orientales

actuaron como una cuenca antepaís regional, con las fallas normales de La Salina (LSF), Soápaga (SF) y Guaicáramo (GF) como principales controles de la cuenca, que continuó así durante el Paleoceno y Eoceno medio (eventos 4, 5 y 6).

Durante el Eoceno Tardío-Oligoceno Temprano, el frente orogénico migró al este, produciendo una inversión local de los *grabens* mesozoicos y fragmentó la cuenca de antepaís en partes más pequeñas (evento 7). Luego en el Oligoceno Tardío-Mioceno, el acortamiento generó la inversión de la cuenca, que levantó la zona de la Cordillera Oriental, separando las cuencas del Valle del Magdalena y los Llanos Orientales (eventos 8, 9 y 10). Es así como los Llanos se siguió comportando como una cuenca de antepaís resultado del levantamiento de la Cordillera Oriental.

Evolución durante el Cuaternario:

De acuerdo con Goosen (1971), el Pleistoceno Inferior se manifiesta como una extensa cobertura aluvial depositada desde el piedemonte de la Cordillera Oriental hasta el río Orinoco (Figura 21). Esto se demuestra con los materiales aluviales que cubren la parte occidental de la altillanura y con los ejes de flujo de los conos que hasta allí llegaban (Flórez, 2003). Durante el trabajo de campo, en el sector central de la Plancha 218, se encontraron fragmentos retrabajados de limolitas silíceas que contienen fósiles del Cretácico (*nodosaria, siphogenerinoides* y escamas de peces), haciendo parte de un nivel de gravas asociado con costras ferruginosas, confirmando que la procedencia de estos sedimentos es la Cordillera Oriental.

Avanzado el Pleistoceno, se presenta una estabilización en el terreno de los llanos y se inicia un ciclo de sedimentación relacionado con glaciaciones de la Cordillera Oriental, produciendo los sedimentos que conforman las terrazas del piedemonte (Goosen, 1971). Al final del Pleistoceno se presentaron varios cambios climáticos; durante los períodos secos hubo una fuerte acción del viento, lo que propició la depositación de loess y dunas longitudinales o médanos; estos últimos se originaron en una época de clima seco, cuando la alta erosión de la cordillera aun permitía a los ríos transportar mucho material; estas condiciones posiblemente se dieron durante la transición del Pleistoceno al Holoceno.

Posterior a la deposición de la cobertura de sedimentos que cubrían desde el piedemonte hasta el río Orinoco, se produjo la activación de la Falla del Meta, permitiendo la división de la cuenca en dos segmentos: los Llanos Orientales (al oeste del río Meta) y la altillanura (al este del río Meta). Flórez (2003), menciona que el río Meta se habría ubicado en su posición actual al final del Pleistoceno.

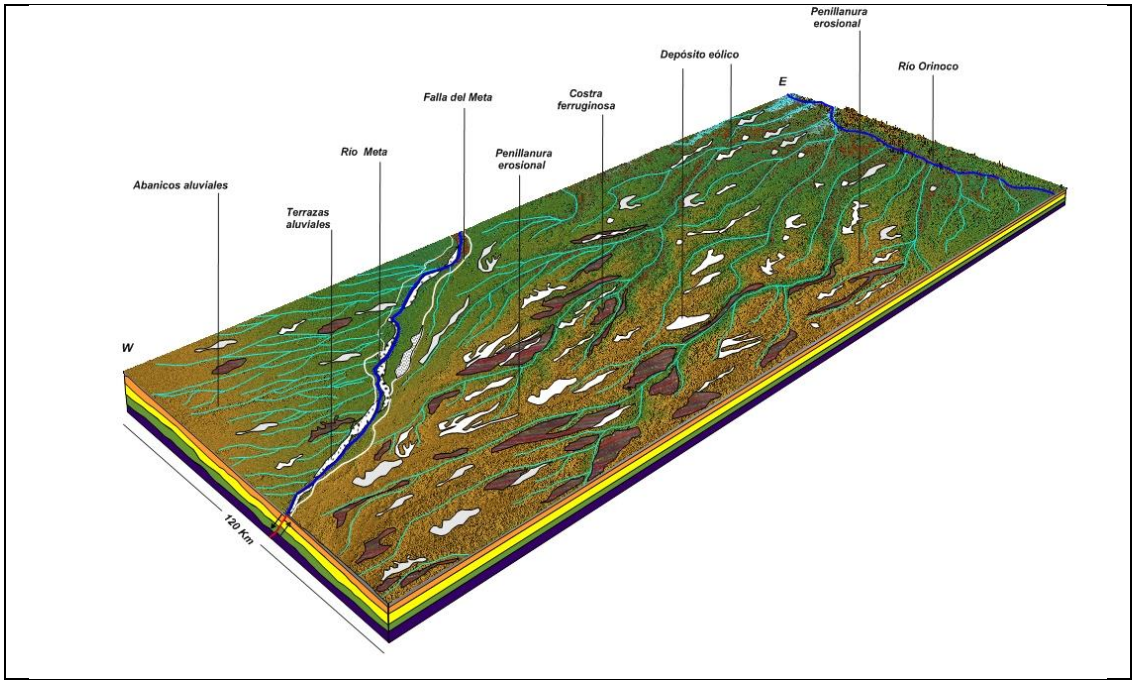


Figura 21. Bloque diagrama de los Llanos Orientales desde el piedemonte hasta el río Orinoco.

La cuenca de los Llanos Orientales, de acuerdo con Flórez (2003), corresponde actualmente a una depresión lateral subsidente, en relación con el sistema andino, y por tanto su morfogénesis está ligada a la sedimentación con divagación fluvial y desbordes. El colector principal del área es el río Meta, y sus tributarios proceden del flanco oriental de la Cordillera Oriental, con una dinámica torrencial que permitió la construcción de un extenso piedemonte y rellenos sedimentarios más distantes. Los aluviones de la llanura aluvial de desborde sepultan, parcialmente, el modelado eólico ubicado más al oriente cerca al río Meta, criterio que permite plantear una cronología relativa de los dos modelados; los aluviones serían del Holoceno medio a superior (Goosen, 1971).

Por su parte, la altillanura forma parte del depósito aluvial del Pleistoceno antiguo, el cual en el sector noroeste del río Meta se hundió (por acción de la falla del Meta) para ser cubierta con sedimentos más recientes, pero en el costado suroriental del mismo se encuentra todavía en superficie. No conserva muchos testigos de su origen en superficie, no hay viejos cauces, ni diques naturales, ni bajos. La superficie es suave, como si las irregularidades estuvieran cubiertas y aplanadas. Probablemente que esto se debió a la acción del viento durante épocas secas (Flórez, 2003).

9 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- La Plancha 257 – Caño Ariba está localizada al sureste de la cuenca de los Llanos Orientales de Colombia, en el departamento del Vichada.
- El área está cubierta por sedimentos cuaternarios, representados por una secuencia sedimentaria no consolidada continental de origen fluvial a lagunar, que de acuerdo con su posición estratigráfica y origen corresponden a depósitos de penillanura, eólicos, de terrazas, costras ferruginosas y aluviales.
- Los sedimentos fueron depositados en pantanos muy someros rodeados de pastos, con presencia de *Hyphae, Pinus* y esporas de hongos.
- No existen evidencias que permitan afirmar la presencia de estructuras falladas en superficie.
- La evolución y configuración morfológica actual son el resultado de procesos ocurridos a través del Cuaternario producto de la estabilización en el terreno de los Llanos Orientales y el último levantamiento de la Cordillera Oriental.
- No se encontraron manifestaciones minerales de interés económico. La composición mineralógica de los sedimentos está dada principalmente por cuarzo (16% - 92,7%), caolinita (24,0%-75,8%), y en menor proporción gibsita (2,0%-7,8%). La goethita, presente en las costras ferruginosas, solamente alcanza contenidos de hierro del 40%.
- Se sugiere levantar columnas estratigráficas detalladas con toma de muestras en los niveles de paleosuelos, a lo largo del río Vichada, en la época donde el nivel de las aguas del río sea el más bajo, para dataciones radiométricas y análisis palinológicos.
- Se recomienda hacer una socialización amplia y divulgar a través de todos los niveles los resultados alcanzados, pues a pesar de ser un proyecto de geología básica, no solo tiene interés científico, sino que teniendo en cuenta la amplia aplicación de un mapa geológico, este debe hacerse llegar a las autoridades civiles departamentales y municipales para la implementación de los planes de ordenamiento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGENCIA NACIONAL MINERA [En línea]. (2014). *Catastro Minero Colombiano.* (ANM, Ed.) Recuperado el 18 de Febrero de 2014, de <http://www.cmc.gov.co>

ALVARADO, S., TÉLLEZ, A., PACHECO, S., & ROJAS, N. (2010a). *Cartografía Geológica de la Zona Centro y Sur del departamento del Meta - Planchas 286, 287, 288, 289, 290, 307, 308. Escala 1:100.000.* Bogotá: INGEOMINAS.

ALVARADO, S., TÉLLEZ, A., PACHECO, S., & ROJAS, N. (2010b). Geología de la Plancha 286 San Carlos. Escala 1:100.000. Bogotá: INGEOMINAS.

ALVARADO, S., TÉLLEZ, A., PACHECO, S., & ROJAS, N. (2010c). Geología de la Plancha 287 Río Melua. Escala 1:100.000. Bogotá: INGEOMINAS.

ALVARADO, S., TÉLLEZ, A., PACHECO, S., & ROJAS, N. (2010d). Geología de la Plancha 289 Río Tillava. Escala 1:100.000. Bogotá: INGEOMINAS.

ALVARADO, S., TÉLLEZ, A., PACHECO, S., & ROJAS, N. (2010e). Geología de la Plancha 290 Saravia. Escala 1:100.000. Bogotá: INGEOMINAS.

ALVARADO, S., TÉLLEZ, A., PACHECO, S., & ROJAS, N. (2009). Geología de la Plancha 288 Río Manacacías. Escala 1:100.000. Bogotá: INGEOMINAS.

BARRERO, D., PARDO, A., VARGAS, C., & MARTÍNEZ, J. (2007). *Colombian Sedimentary Basins: Nomenclature, Boundaries and Petroleum Geology, a New Proposal.* Bogotá: ANH.

BARRERO, L., DUQUE-CARO, H., ARANGO, J., KASSEM, T., & ZAMBRANO, F. (1976). Mapa Geológico de Colombia, Escala 1:1.500.000. Bogotá: INGEOMINAS.

BAYONA, G., VALENCIA, A., MORA, A., RUEDA, M., ORTÍZ, J., & MONTENEGRO, O. (2008). Estratigrafía y procedencia de las rocas del Mioceno en la parte distal de la Cuenca antepais de los Llanos de Colombia. *Geología Colombiana*(33), 23-46.

CAICEDO, J. C. (2003). *Toma de datos en la libreta de campo.* Bogotá: INGEOMINAS.

CAMPOS, H. (2011). Tectonostratigraphic and subsidence history of the northern Llanos foreland basin of Colombia. Tesis de maestría. 134. University of Texas Austin.

COOPER, M., ADDISON, F., ALVÁREZ, R., CORAL, M., GRAHAM, R., HAYWARD, A., HOWE, S., MARTÍNEZ, J., NAAR, J., PEÑAS, R., PULHAM, A. & TABORDA, A. (1995). Basin development and tectonic history of the LLanos basin, Eastern Cordillera, and Middle Magdalena Valley, Colombia. *The American Association of Petroleum Geologist - AAPG Bulletin, 79*(10), 1421-1443.

DANE [En línea]. (febrero de 15 de 2013). *población 2005*. Obtenido de <http://www.dane.gov.co/index.php?option=com_content&view=article&id=75&Itemid=72>

DE PORTA, J. (1974). *Léxico Estratigráfico. Amerique Latine, Colombie (deuxiéme partie), Tertiaire et Quaternaire* (Vol. V Fascicule 4b). Union Internationale des Sciences Geologiques.

DUEÑAS, &, VAN DER HAMMEN. (2007). Significado geológico y asociaciones palinológicas de las formaciones Diablo Inferior (Mioceno Tardío) y San Fernando Superior (Mioceno Medio), Piedemonte cuenca de los Llanos Orientales, Colombia. *Ciencias de la Tierra, 31*(121), 482-498.

FLÓREZ, A. (2003). *Colombia: evolución de sus relieves y modelados.* Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.

GALVIS, N., & SUÁREZ, M. (1984). *Geología de la cuenca de los Llanos Orientales de Colombia. Informe de Progreso N°1.* Bogotá: INGEOMINAS.

GEOREXP S.A.S. (2012a). Geología de la Plancha 253 - Guacamayas, Escala 1:100.000. Bogotá: Servicio Geológico Colombiano.

GEOREXP S.A.S. (2012b). Geología de la Plancha 254 - San Jose de Ocuné, Escala 1:100.000. Bogotá: Servicio Geológico Colombiano.

GEOREXP S.A.S. (2012c). Geología de la Plancha 255 - Cumaribo, Escala 1:100.000. Bogotá: Servicio Geológico Colombiano.

GESTION DE LA INFORMACIÓN GEOCIENTÍFICA - SINGEO. (2012). *Estándares de cartografía digital para planchas a escala 1:100.000 y*

mapas departamentales. Versión 2. Bogotá: Servicio Geológico Colombiano.

GÓMEZ, J., NIVIA, A., MONTES, N., JIMENEZ, D., TEJADA, M., SEPÚLVEDA, M., OSORIO, J., NARVÁEZ, T., DIEDERIX, H., URIBE, H. & MORA, M. (2007a). *Mapa Geológico de Colombia, Escala 1:1.000.000. Primera Edición*. Bogotá: INGEOMINAS.

GÓMEZ, J., NIVIA, A., MONTES, N., JIMENEZ, D., SEPÚLVEDA, M., GAONA, T., OSORIO, J., DIEDERIX, H., MORA, M. & VELÁSQUEZ, M. (2007b). Atlas Geológico de Colombia, Plancha 5-09, escala 1:500.000. Bogotá: INGEOMINAS.

GÓMEZ, J., NIVIA, A., MONTES, N., JIMENEZ, D., SEPÚLVEDA, M., GAONA, T., OSORIO, J., DIEDERIX, H., MORA, M. & VELÁSQUEZ, M. (2007c). Atlas Geológico de Colombia, Plancha 5-10, escala 1:500.000. Bogotá: INGEOMINAS.

GÓMEZ, J., NIVIA, A., MONTES, N., JIMENEZ, D., SEPÚLVEDA, M., GAONA, T., OSORIO, J., DIEDERIX, H., MORA, M. & VELÁSQUEZ, M. (2007d). Atlas Geológico de Colombia, Plancha 5-11, escala 1:500.000. Bogotá: INGEOMINAS.

GÓMEZ, J., NIVIA, A., MONTES, N., JIMENEZ, D., SEPÚLVEDA, M., GAONA, T., OSORIO, J., DIEDERIX, H., MORA, M. & VELÁSQUEZ, M. (2007e). Atlas Geológico de Colombia, Plancha 5-14, escala 1:500.000. Bogotá: INGEOMINAS.

GÓMEZ, J., NIVIA, A., MONTES, N., JIMENEZ, D., SEPÚLVEDA, M., GAONA, T., OSORIO, J., DIEDERIX, H., MORA, M. & VELÁSQUEZ, M. (2007f). Atlas Geológico de Colombia, Plancha 5-15, escala 1:500.000. Bogotá: INGEOMINAS.

GÓMEZ, J., NIVIA, A., MONTES, N., JIMENEZ, D., SEPÚLVEDA, M., GAONA, T., OSORIO, J., DIEDERIX, H., MORA, M. & VELÁSQUEZ, M. (2007g). Atlas Geológico de Colombia, Plancha 5-16, escala 1:500.000. Bogotá: INGEOMINAS.

GOOSEN, D. (1971). *Physiography and soils of the Llanos Orientales, Colombia.* Amsterdam: International Institute for Aerial Survey and Earth Sciences - ITC.

GRATEROL, V. (2008). *Levantamiento Aerogravimétrico y Aeromagnético. Los sectores Norte y Oriental de la cuenca de los Llanos Orientales, Colombia. Informe final de interpretación.* ANH.

GRP Ltda. (2010a). *Cartografía geológica escala 1:100.000 de las planchas 124, 125, 126, 126Bis, 139, 140, 155, 156, 157, 175 y 176 cubriendo un área de 21.756 km^2 en los departamentos de Casanare y Arauca - Colombia. Informe Final Plancha 175 La Chapa.* Bogotá: INGEOMINAS.

GRP Ltda. (2010b). *Cartografía geológica escala 1:100.000 de las planchas 124, 125, 126, 126Bis, 139, 140, 155, 156, 157, 175 y 176 cubriendo un área de 21.756 km^2 en los departamentos de Casanare y Arauca - Colombia. Informe Final Plancha 176 El Morichal.* Bogotá: INGEOMINAS.

GRP Ltda. (2011). Geología de la Plancha 175 Chapa, escala 1:100.000. Bogotá: INGEOMINAS.

GRUPO GESTION Y PROCESAMIENTO DE LOS DATOS Y LA INFORMACIÓN GEOCIENTÍFICA - SINGEO. (2012). *Guía de estándares para la presentación de informes institucionales.* Bogotá: Servicio Geológico Colombiano.

HERRERA, V., DÍAZ, P., MOLINA, C., BURGOS, L., GIMENEZ, L., RUIZ, E., & VARGAS, E. (1983). *Estudio general de suelos de la comisaria del Vichada.* Bogotá: Ministerio de Hacienda y Crédito Público - IGAC.

IGAC & COLCIENCIAS. (1998). Mapa Geológico Orinoquía Amazonía Colombiana Proyecto ORAM, escala 1:1.750.000. Bogotá: IGAC.

IGAC. (1977). *Zonas de vida o formaciones vegetales de Colombia: memoria explicativa sobre el mapa ecológico.* Bogotá: IGAC.

IGAC. (1999). *Paisajes Fisiográficos de la Orinoquia - Amazonia (ORAM) Colombia.* Bogotá: IGAC.

INGEOMINAS. (2010). Geologia de la Plancha 297 Puerto Inírida. Bogotá: INGEOMINAS.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. (2008). *Documentación: Presentación de tesis, trabajos de grado y otros trabajos de investigación.* Bogotá: ICONTEC, sexta actualización 2008 (NTC 1486).

LEPELTIER, C. (1969). A simplified statistical treatment of geochemical data by graphical representation. *Economic Geology, V. 64*, 538-550.

MALAGÓN, D. (Septiembre de 2003). Ensayo sobre la tipología de suelos colombianos - Enfasis en génesis y aspectos ambientales. *Ciencias de la Tierra, 27*(104), 319-341.

MORALES, C. J. (2010). *Integración de la Cartografía Geológica de los Llanos Orientales: departamentos del Meta y sector suroccidental del departamento de Casanare - Planchas 248, 249, 250, 251, 252, 267, 268, 269, 270 y 271. Escala 1:100.000,.* Bogotá: INGEOMINAS.

MUNICIPIO DE CUMARIBO. (2012). *Plan de Desarrollo Municipal Cumaribo 2012 - 2015.* Cumaribo.

OCHOA, A., CARDOZO, A. M., CUBIDES, J., ZÁRATE, A., & MELO, L. (2009a). *Memoria explicativa de las planchas 162,162 Bis, 182 y 182 Bis. Puerto Carreño, Vichada.* Bogotá: INGEOMINAS.

OCHOA, A., CARDOZO, A. M., CUBIDES, J., ZÁRATE, A., & MELO, L. (2009b). Geología de la Plancha 182 Bis Isla de Pato, Escala 1:100.000. Bogotá: INGEOMINAS.

OCHOA, A., CARDOZO, A. M., CUBIDES, J., ZÁRATE, A., & MELO, L. (2009c). Geología de la Plancha 182 Casuarito, Escala 1:100.000. Bogotá: INGEOMINAS.

OCHOA, A., CARDOZO, A., CUBIDES, J., MELO, L., ZARATE, A., RINCÓN, H., GIRALDO, D., PARRA, L. & RÍOS, P. (2011a). Geología de la Plancha 181 Río Bita Sabanas de Carroquemado, Escala 1:100.000. Bogotá: SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO.

OCHOA, A., CARDOZO, A., CUBIDES, J., MELO, L., ZARATE, A., RINCÓN, H., GIRALDO, D., PARRA, L. & RÍOS, P. (2011b). Geología de la Plancha 179 Río Bita, Escala 1:100.000. Servicio Geológico Colombiano.

OCHOA, A., CARDOZO, A., CUBIDES, J., MELO, L., ZARATE, A., RINCÓN, H., GIRALDO, D., PARRA, L. & RÍOS, P. (2011c). Geología de la Plancha 180 Río Bita Sabanas de Carroquemado, Escala 1:100.000. Servicio Geológico Colombiano.

OCHOA, A., RÍOS, P., CARDOZO, A., CUBIDES, J., GIRALDO, D., RINCON, H., & MENDIVELSO, D. (2012a). *Cartografía Geológica y Muestreo Geoquímico de las Planchas 159, 160, 161, 179, 180 y 181 Puerto Carreño, Vichada. Memoria explicativa.* Bogotá: Servicio Geológico Colombiano.

OCHOA, A., CUBIDES, J. V., CARDOZO, A. M., RIOS, P. A., RODRÍGUEZ, J., OVIEDO, J. A., & GARCÍA, G. (2012b). Geología de la Plancha 199 - Caño Terecay, Escala 1:100.000. Bogotá: Servicio Geológico Colombiano.

OCHOA, A., CUBIDES, J. V., CARDOZO, A. M., RIOS, P. A., RODRÍGUEZ, J., OVIEDO, J. A., & GARCÍA, G. (2012c). Geología de Plancha 200 - Río Tomo. Bogotá: Servicio Geológico Colombiano.

RENZONI, G. (1985). *Interpretación fotogeológica de la Plancha 193 - Yopal. Informe 1951.* Bogotá: INGEOMINAS.

RENZONI, G. (1992). Geología de la Plancha 193 Yopal, escala 1:100.000. Bogotá: INGEOMINAS.

SARMIENTO, L. F. (2011). Llanos Basin. Geology and hydrocarbon potential. *Petroleum Geology of Colombia, 9*, 186. (F. CEDIEL, Ed.) Medellín: FONDO EDITORIAL UNIVERSIDAD EAFIT para ANH.

TOUSSAINT, J. F. (1996). Evolución Geológica de Colombia-Cretácico. Universidad Nacional Medellin.

UIS-INGEOMINAS. (2010a). Mapa geológico Plancha 215 - Santa Rosalía, Escala 1:100.000. Bogotá: INGEOMINAS.

UIS-INGEOMINAS. (2010b). Mapa geológico Plancha 232 - Gualfapintado, Escala 1:100.000. Bogotá: INGEOMINAS.

UIS-INGEOMINAS. (2010c). Mapa geológico Plancha 233 - Orocué, Escala 1:100.000. Bogotá: INGEOMINAS.

ULLOA, C., RODRÍGUEZ, E., FUQUEN, J., & ACOSTA, J. (2001). *Geología de la Plancha 192 Laguna de Tota, Escala 1:100.000. Memoria explicativa.* Bogotá: INGEOMINAS.

USGS [En línea]. (30 de enero de 2013). *Imágenes Aster Version 2.* Obtenido de <http://gdem.ersdac.jspacesystems.or.jp/>

USGS [En línea]. (29 de enero de 2013). *Imagenes SRTM Versión 4.1.* Obtenido de <http://srtm.csi.cgiar.org/>

VARGAS, R., ESPINOSA, A., NÚÑEZ, A., GONZÁLEZ, H., ORREGO, A., & ETAYO, F. (1988). Mapa Geológico de Colombia, Escala 1:1.500.000. Bogotá: INGEOMINAS.

VERSTAPPEN, H. T., & VAN ZUIDAM, R. A. (1991). The ITC System of geomorphologic survey: a basis for the evaluation of natural resources and hazards. *Publicación ITC*(10), 89 pp.

VILLAREAL, H., MENDOZA, H., QUINTERO, I., OSORIO, D., CASTILLO, R., HIGERIA, M., UMAÑA, A., ALVARES, M., PARRA, J., MALDONADO, J. & BOGOTÁ, J. J. (2007). *Caracterización biológica del Parque Nacional Natural El Tuparro (sector noreste), Vichada, Colombia.* Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt.

ANEXO A.

INVENTARIO DE RECOPILACIÓN BIBLIOGRÁFICA

ANEXO B.

MAPA DE ESTACIONES A ESCALA 1:100.000

ANEXO C.

LIBRETAS DE CAMPO

ANEXO D.

COLUMNAS ESTRATIGRÁFICAS

FINCA ENTREPICAS, ESTACIÓN RCA-0157
FINCA CAMAIRA, ESTACIÓN DPS-0270
RÍO VICHADA, ESTACIÓN DPS-0222

ANEXO E.

MAPA DE MUESTREO A ESCALA 1:100.000

ANEXO F.

LISTADO DE MUESTRAS RECOLECTADAS

ANEXO G.

MAPA DE MUESTRAS DE LABORATORIO A ESCALA 1:100.000

ANEXO H.

REPORTES DE LABORATORIO DE LOS ANÁLISIS QUÍMICOS

ANEXO I.

MAPA GEOLÓGICO A ESCALA 1:100.000