Libertad y Orden

SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO

CARTOGRAFIA GEOLÓGICA PLANCHA 254 (SAN JOSÉ DE OCUNÉ) BLOQUE 9 – DEPARTAMENTO DEL VICHADA

GEORESOURCES EXPLORATION SAS

Contrato Nº 941 de 2011

Bogotá, diciembre de 2012

República de Colombia
MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA
SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO

Libertad y Orden

REPÚBLICA DE COLOMBIA
MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA
SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO

CARTOGRAFIA GEOLÓGICA PLANCHA 254 (SAN JOSÉ DE OCUNÉ) BLOQUE 9 – DEPARTAMENTO DEL VICHADA

GEORESOURCES EXPLORATION SAS

GEOREXP S.A.S

Bogotá, diciembre de 2012

CONTENIDO

Pág.

RESUMEN 14
ABSTRACT 16
INTRODUCCIÓN 18

1. GENERALIDADES 20
1.1 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA 20
1.2 VÍAS DE COMUNICACIÓN 22
1.3 RELIEVE 23
1.4 CLIMA 23
1.5 HIDROGRAFÍA 24
1.5.1 Río Vichada 25
1.5.2 Río Muco 25
1.5.3 Caño Guacamayas 25
1.5.4 Caño Beberi 25
1.5.5 Caño Tuparro 25
1.5.6 Caño Malicia 25
1.5.7 Vegetación 25
1.6 POBLACIÓN 26
1.7 ECONOMÍA 26

2. METODOLOGÍA 27
2.1 REVISIÓN Y DIAGNÓSTICO DE LA INFORMACIÓN 27
2.1.1 Información geológica 27
2.1.2 Información cartográfica 30
2.1.3 Información topográfica 30
2.1.4 Interpretación y elaboración de mapas fotogeológicos 30
2.2 SOCIALIZACIÓN 32
2.3 RESULTADOS DEL TRABAJO DE CAMPO 34
2.3.1 Estaciones geológicas y muestras 35
2.3.2 Columnas estratigráficas 35
2.3.3 Ensayos realizados 35
2.3.4 Registro fotográfico 35
2.4 ELABORACIÓN DE LA MEMORIA GEOLÓGICA 36

3. GEOMORFOLOGÍA 37
3.1 GENERALIDADES 37
3.2 AMBIENTES MORFOGENÉTICOS 38
3.2.1 Unidades Geomorfológicas de Origen fluvial - aluvial 42
3.2.1.1 Llanuras y planos de inundación fluvial (Flli) **42**
3.2.1.2 Barras puntuales (Fbp) **43**
3.2.1.3 Paleocauces y meandros (Fpm) **44**
3.2.1.4 Meandros abandonados (Fma) **45**
3.2.1.5 Cuencas de decantación o planos inundables (Fcd) **45**
3.2.1.6 Cuencas de decantación activas (Fcda) **46**
3.2.1.7 Zona de erosión fluvial acentuada (Fze) **46**
3.2.1.8 Terrazas aluviales (Ft) **46**
3.2.1.9 Terraza aluvial alta (Fta) **47**
3.2.1.10 Terraza aluvial baja (Ftb) **47**
3.2.2 Unidades geomorfológicas de origen denudacional 47
3.2.2.1 Altillanura disectada (Dad) **48**
3.2.2.2 Altillanura plana (Dap) **49**
3.2.2.3 Altillanura con crestas planas (Dacp) **49**
3.2.2.4 Sedimentos de costras de hierro (DCfe) **50**
3.2.2.5 Altillanura en detritos continentales (DAc) **50**
3.2.3 Unidades geomorfológicas de origen eólico 51
3.2.4 Rasgos geomorfológicos 51

4. GEOLOGÍA 53
4.1 CENOZOICO 56
4.1.1 Neógeno 56
4.1.2 Cuaternario 56

5. ESTRATIGRAFÍA 57
5.1 CUATERNARIO: PLEISTOCENO SUPERIOR 60
5.1.1 Unidad de sedimentos asociados a costras ferruginosas (Qcf) 60
5.2 CUATERNARIO: HOLOCENO 67
5.2.1 Depósitos eólicos (Qe) 67
5.2.2 Depósitos de penillanura eólica (Qpe) 70
5.2.3 Depósitos aluviales 76
5.2.3.1 Depósitos de llanura de inundación (Qll) **76**
5.2.3.2 Depósitos de Cauce Aluvial (Qac) **79**

6. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL 81
6.1 TECTÓNICA 81
6.2 ESTRUCTURAS DE CAMPO 83
6.2.1 Pliegues 84
6.2.1.1 Sinclinal Caño Mamiyare 84

6.2.2 Fallas 84
6.3 LINEAMIENTOS 85
6.4 ESTRUCTURAS DEL SUBSUELO 85
7. GEOQUÍMICA 91
7.1 MUESTREO GEOQUÍMICO 91
7.1.1 Sedimento activo fino 92
7.1.2 Suelo 92
7.1.3 Llanura de inundación 92
7.2 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS GEOQUÍMICOS 92
8. GEOLOGÍA ECONÓMICA 100
8.1 TIERRAS RARAS 100
8.1.1 Fluorescencia de rayos X - FRX elementos mayores y menores 100
8.1.1.1 Fluorescencia de rayos X – FRX elementos mayores. **100**
8.1.1.2 Fluorescencia de rayos X - FRX elementos menores y trazas **103**
8.1.2 Espectrometría de masas con plasma acoplado inductivamente ICP-MS 108
8.2 MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN 115
8.3 MINERALES DE HIERRO Y ALUMINIO 115

9. AMENAZAS NATURALES 117
9.1 PROCESOS DE ESCORRENTIA - INUNDACIONES. 117
9.2 PROCESOS EROSIVOS 119
9.2.1 Erosión fluvial lateral 119
9.2.2 Carcavamiento 120
9.3 AMENAZA SISMICA 120

10. PATRIMONIO GEOLÓGICO 122
10.1 FUNDAMENTO TEÓRICO 122
10.2 CATEGORÍAS DE CLASIFICACIÓN DE LOS GEOTOPOS 123
10.2.1 Categoría estratigráfica 124
10.2.2 Categoría petrográfica y mineralógica 125
10.2.3 Categoría geomorfológica 126
10.2.4 Categoría hidrogeológica 127

11. . EVOLUCIÓN GEOLÓGICA 129
11.1 PRECÁMBRICO 130
11.2 PALEOZOICO 131
11.3 MESOZOICO 131
11.4 CENOZOICO 131
11.5 MARCO GEOLÓGICO LOCAL 133

CONCLUSIONES 136
RECOMENDACIONES 142

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....143

LISTA DE FIGURAS

Pág.

Figura 1. Mapa de localización del Bloque 9, Plancha 254 (San José de Ocuné). Departamento del Vichada. **21**
Figura 2. Panorámica del paso en el río Vichada, sector San José de Ocuné. **22**
Figura 3. Mapa hidrográfico de la Plancha 254, departamento del Vichada. (Tomado del mapa departamental del Vichada, escala 1:500.000, IGAC, 2008). **24**
Figura 4. Mapa de ubicación de las fotografías aéreas usadas para la laboración del mapa fotogeológico (Tomado del mapa departamental del Vichada, escala 1:500.000. IGAC, 2008). **32**
Figura 5. a. Imagen general de la capacitación de sueros antiofídicos a la comunidad de Cumaribo. b. Socialización llevada a cabo desde la emisora del Ejército Nacional. **34**
Figura 6. En la parte superior se observa la imagen de radar de la Plancha 254, en la parte inferior presenta el mapa geomorfológico interpretado en este trabajo. **39**
Figura 7. Planicie aluvial inundable asociada al río Vichada. Estación MB-070B. **43**
Figura 8. Panorámica del río Vichada, a la derecha se deposita las barras de arenas del río. **44**
Figura 9. Foto aérea (Vuelo 1278 Número 27484). Imagen del río Vichada donde se da desarrollan planicies aluviales, meandros y paleocauces. En el centro de la imagen se muestra la desembocadura con el rio Muco y también las altillanuras planas y disectadas. **45**
Figura 10. Al fondo se notan sistemas de terrazas bajas e inundables en sector de Puerto Guatatupare. Estación MB-019MB-019, Coordenadas N = 969.830; E = 1106.120. ..... **47**
Figura 11. Altillanuras disectadas entre los valles aluviales donde el relieve es plano con pendientes bajas. Comprenden suelos profundos, bien drenados y con inundaciones ocasionales. Estación MB-027. Coordenadas N: 970798; E: 1183740. ..... **48**
Figura 12. Colinas con crestas planas conformadas por costras ferruginosas y, en el valle, llanuras de inundación. Vía Puerto Rico - Guanape. Estación YPS-039. N= 964020, E= 1060842, Cota= 178 m.s.n.m. **49**
Figura 13. Panorámica de colinas alargadas de arenas de costras ferruginosas y los valles rellenos de material lodoso. Vía a San José de Ocuné. Estación (JRA-081), Coordenadas **50**

Figura 14. Geomorfología de planicie eólica conformada por arenas de cuarzo. Estación IQA-085. Coordenadas N= 991.362, E= 1'086.600, Cota= 174 m.s.n.m. **51**
Figura 15. Cuadro esquemático cronoestratigráfico para las unidades cuaternarias identificadas en el Bloque 9, Plancha 254 (San José de Ocuné). La parte basal (subsuelo) hasta el Mioceno, fue tomada y modificada de Fabre (1985)..... **54**
Figura 16. Triángulo de clasificación composicional para areniscas de Folk (1974)..... **57**
Figura 17. Columnas litológicas generalizadas de la Plancha 254 (San José de ocuné). Los números corresponden..... **59**
Figura 18. Vía Guacamayas-Cumaribo. Morfología de los depósitos de Qcf en cercanías el río Vichada. Foto tomada en el sector de Guacamayas. Coordenadas N: 974229 E: 1084526..... **61**
Figura 19. La imagen de la izquierda muestra arenas semifriables por debajo del nivel de arenas de costras como se ven en la imagen de la derecha. Estación JRA -064, Vereda Guacamayas. N= 979.802, E=1´115.650, Cota= 303 m.s.n.m. **61**
Figura 20. Detalle de bloques de arenisca conglomeráticas con cemento ferruginoso, presenta guijarros de cuarzo y lodolitas alteradas. Vía a San José de Ocuné. Estación JRA-077. N= 979,205, E= 1,095,193, Cota= 299 m.s.n.m.**62**
Figura 21. Panorámica de colinas de 10 m de costras ferruginosas. En el valle, se observa material no consolidado lodo arenoso (Qll). Estación YPS-063. Vía Cumaribo - Caño Guacamayas. N= 985993, E= 1118836, Cota= 315 m.s.n.m. **62**
Figura 22. Triángulo de clasificación de Folk (1974), donde las muestras..... **64**
Figura 23. Muestra JRA 079, aumento 4X. a. Nicoles paralelos. Se observa alto porcentaje de porosidad por disolución (D), los clastos son principalmente de cuarzo (Qz), algunos con alto fracturamiento y escasos fragmentos líticos sedimentarios que corresponden a Limolitas ferruginosas (L). b. Nicoles cruzados. Se observan clastos de cuarzo monocristalino (Qz), algunos de ellos muy fracturados. c. Nicoles paralelos. Se observan patinas de hematita recubriendo algunos clastos de cuarzo. d. Nicoles cruzados. Se observan cuarzos monocristalinos, algunos fracturados. **65**
Figura 24. a. Nicoles paralelos. Se observa la porosidad en azul por disolución principalmente. Fragmentos líticos como Limolitas (L) y cuarzos (Qz). b. Nicoles cruzados. Se observan cuarzos monocristalinos y fragmentos de Limolitas (L). Aumento de 4X. **66**
Figura 25. Afloramiento de arenas de cuarzo, grano medio, subredondeadas, buena selección. Estación CAG-078, coordenadas N= 998.047 E=1.102.257. ..... **68**
Figura 26. Geomorfología de peniplanicie eólica conformada por arenas **de** cuarzo de color marrón de grano fino, altamente esféricos. Estación IQA-060. N= 988.022, E=1'099.526, Cota= 182 m.s.n.m. **69**

Figura 27. Afloramiento de la Unidad Qpe, hacia la base capas gruesa a media de arenas de cuarzo, de grano fino subredondeados con matriz arcillosa de 1 a 5%. Hacia la parte media niveles de conglomerados y al tope arenas de cuarzo y costras ferruginosas. Estación IQA-084. ..... **71**
Figura 28. Zona de planicie areno-lodosa de la unidad (Qpe). Vía de San José de Ocuné a Tres Matas. JRA-085. N= 976,588, E= 1,074,559, Cota= 339 m.s.n.m. **71**
Figura 29. Panorámica donde se observa planicies arenosas de la unidad (Qpe), ... **72**
Figura 30. Triángulo de clasificación de Folk (1974), en el cual las muestras analizadas se ubican en el campo de las cuarzoarenitas, sublitoarenitas y litoarenitas **75**
Figura 31. Diagrama de una planicie aluvial, donde se depositaron las unidades de costras ferruginosas, depósitos de penillanura eólica y sedimentos de origen aluvial **76**
Figura 32. Penillanura arenosa con contenido de arcilla, junto a zona inundable (Qll). **77**
Figura 33. Triángulo de clasificación (Folk, 1974) del cual la muestra analizada **78**
Figura 34. Cauce del río Vichada, al fondo Depósitos de barras de arenas, inconsolidadas, Sector del Puerto de San José de Ocuné. Cordenadas N=964.411 E=1.082.326 ..... **79**
Figura 35. Migración de la ondícula flexural en un sistema de cuenca de antepaís según DeCelles y Giles (1996), tomado de Bayona *et al.* (2008). **82**
Figura 36. Esquema representativo de las zonas de depositación en un sistema de cuenca de antepaís. Tomado de DeCelles y Giles (1996). **83**
Figura 37. En la imagen de la izquierda las líneas rojas muestran los planos estructurales del dato (105/4º) de la estación MV-015. La imagen de la derecha muestra los planos estructurales del dato (318/23º) de la estación JRA-077, los cuales definen el sinclinal del caño Mamiyare. **84**
Figura 38. Mapa de ubicación de las principales estructuras y lineamientos regionales **87**
Figura 39. Sección sísmica de la línea CL-1980-02. ..... **89**
Figura 40. Secciones estructurales generalizadas construidas en el área de estudio. Ver ubicación en la Figura 38. ..... **90**
Figura 41. Mapas de abundancia de algunos elementos y óxidos que presentan las mayores concentraciones en la zona de estudio. La concentración de los elementos está dada en ppm y la de los óxidos en porcentaje. Los puntos representan la ubicación de las muestras analizadas. **97**
Figura 42. Mapas de abundancia de algunos elementos y óxidos que presentan las mayores concentraciones en la zona de estudio. La concentración de los elementos está dada en ppm y la de los óxidos en porcentaje. Los puntos representan la ubicación de las muestras analizadas. **98**

Figura 43. Curvas de distribución comparativa de los diferentes elementos analizados por ICP-MS. La curva negra representa los valores promedio de la corteza según Rudnick y Gao (2003). Los datos fueron separados dependiendo de la escala de comparación entre los diferentes elementos. **99**
Figura 44. Gráfico estadístico (porcentaje vs. muestras) que indica la distribución del contenido de TiO_2 en las muestras analizadas mediante el método FRX, cuyo valor medio fue de 0,8%. **101**
Figura 45. Gráfico estadístico (porcentaje vs. muestras) que indica la distribución del contenido de SiO_2 en las muestras analizadas mediante el método FRX, cuyo valor medio fue de 81,4%. **101**
Figura 46. Gráfico estadístico (porcentaje vs. muestras) que indica la distribución del contenido de Al_2O_3 en las muestras analizadas mediante el método FRX, cuyo valor medio fue de 8,7%. **102**
Figura 47. Gráfico estadístico (porcentaje vs. muestras) que indica la distribución del contenido de Fe_2O_3 en las muestras analizadas mediante el método FRX, cuyo valor medio fue del 3,5%. **102**
Figura 48. Gráfico estadístico (ppm vs. muestras) que indica la distribución de los elementos de Tierras Raras: Circonio (Zr), Vanadio (V) y Niobio (Nb), analizados mediante el método FRX. **103**
Figura 49. Distribución geográfica de elementos de tierras raras mediante el método de **107**
Figura 50. Gráfico estadístico (ppm vs. muestras) que indica la distribución. **108**
Figura 51. Distribución geográfica de elementos metálicos mediante el método de Espectrometría de Masas con Plasma Acoplado Inductivamente ICP – MS. **111**
Figura 52. Sabanas de inundación donde los suelos de la Unidad Qpe y Qll, han sido colmatados por las aguas lluvias. Via la caño Samarro. YPS -082. Coordenadas N=995.073 E= 1´061.845. ..... **118**
Figura 53. Procesos erosivos y formación de flujos de detritos en los depósitos no consolidados de horizontes varicoloreados de arcillas. Sector San José de Ocuné (rivera del Río Vichada). Estación HDM-003, Coordenadas N: 961,556; E: 1'083,427 ..... **119**
Figura 54. Formación de cárcavas como producto del lavado de las laderas en los bordes de los drenajes de escorrentía natural. vía Vereda Guacamayas. Estación Geológica JRA-064. Coordenadas N= 979,802, E= 1,115,565, Cota= 303 m.s.n.m., en la..... **120**
Figura 55. Mapa de Focos Sísmicos de Colombia. El área de estudio (Departamento del Vichada), se encuentra en el rectángulo **121**
Figura 56. Vista en el río Muco, donde se observa depósitos de cauce aluvial (parte derecha), y donde el rio se amortigua formando un amplio meandro. Finca Algarrobo. Estación MB-075. Coordenadas N: 966395, E: 1069632. ... **125**
Figura 57. Panorama del recurso hídrico de la Laguna de Jabané, la cual está conectada **126**

Figura 58. Vía principal Puerto Rico - Guanape. Orientación de la foto 220□. Panorámica donde se aprecian colinas de costras ferruginosas (Qcf) dominando el paisaje. Las costras se encuentran dispuestas en fragmentos sobre la superficie. . Estación YPS-036. Coordenadas N:..... **127**
Figura 59. Río Vichada, vista desde el aire, donde se observa meandros con formas cóncavas a convexas, menadros abandonados, zonas de vegetación de galería y depósitos de llanuras de inundación y cauce aluvial. **128**
Figura 60. Configuración actual de la cuenca de los Llanos Orientales (Esquema de propuesta para este trabajo). **130**

LISTA DE TABLAS

Pág.

Tabla 1. Bloque 9. Relación de las planchas topográficas del IGAC escala 1:100.000. ..... **21**
Tabla 2. Principales vías carreteables que se encuentran en el Bloque 9..... **23**
Tabla 3. Resumen de la información topográfica..... **30**
Tabla 4. Información de los vuelos utilizados para la realización de la fotointerpretación. **31**
Tabla 5. Número de estaciones geológicas y muestras colectadas en la Plancha 254 ..... **34**
Tabla 6. Descripción de las Unidades Geomorfológicas. **41**
Tabla 7. Unidades litoestratigráficas informales del proyecto de Cartografía geológica del Bloque 9, Departamento del Vichada..... **55**
Tabla 8. Columnas estratigráficas levantadas en la Plancha 254..... **58**
Tabla 9. Muestras colectadas para la Unidad Qcf. **63**
Tabla 10. Muestras analizadas con lupa binocular **64**
Tabla 11. Muestras analizadas petrográficamente para la Unidad Qcf. **64**
Tabla 12. Muestras colectadas para la Unidad Qpe **72**
Tabla 13. Muestras de la Unidad Qpe, analizadas con lupa binocular. **74**
Tabla 14. Muestras colectadas para la Unidad Qll. **77**
Tabla 15. Muestra de la Unidad Qll, analizada con lupa binocular. **78**
Tabla 16. Muestras colectadas para la Unidad Qac. **80**
Tabla 17. Lineamientos regionales observados en el área de estudio **85**
Tabla 18. Control de muestras válidas (V) y no válidas (NV)..... **93**
Tabla 19. Resultados de análisis por FRX de las muestras seleccionadas. La última fila corresponde a los valores promedio para la corteza continental de dichos elementos y compuestos (Rudnick & Gao, 2003). En rojo se encuentran los valores que estuvieron por encima del promedio de la corteza y en gris los valores por debajo del rango de detección. **95**
Tabla 20. Resultados de las muestras analizadas por ICP-MS. En la parte inferior se presentan los valores promedio para la corteza continental de dichos elementos (Rudnick & Gao, 2003). En rojo se encuentran los valores que estuvieron por encima del promedio de la corteza. **96**
Tabla 21. Resultados del Circonio (Zr). **104**
Tabla 22. Resultados del Vanadio (V). **104**
Tabla 23. Resultados del Niobio (Nb). **105**
Tabla 24. Resultados del Itrio (Y). **108**

Tabla 25. Resultado del Bario (Ba). **109**
Tabla 26. Resultado del Manganeso (Mn). **109**
Tabla 27. Resultado del Cesio (Ce). **109**
Tabla 28. Análisis de muestras con manifestaciones de elementos de Tierras Raras método fluorescencia de rayos X-FRX. **112**
Tabla 29. Análisis de muestras con manifestaciones de elementos de Tierras Raras método de espectrometría de masas ICP-MS. **114**
Tabla 30. Ensayo granulométrico para fuentes agregados. **115**
Tabla 31. Categorías de clasificación para Geotopos (Tomado de Winbledon, 1996) **124**

LISTA DE ANEXOS

Anexo A1. Estaciones geológicas.
Anexo A2. Muestras colectadas
Anexo B1. Mapa geológico de la plancha 254 (San José de Ocuné). Escala 1:100.000.
Anexo B2. Mapa geomorfológico de la plancha 254 (San José de Ocuné). Escala 1:100.000.
Anexo B3. Mapa de estaciones de la plancha 254 (San José de Ocuné). Escala 1:100.000.
Anexo C. Socialización
Anexo D1. Petrografía macroscópica
Anexo D2. Petrografía microscópica
Anexo D3. Análisis palinológico y microestratigrafíco.
Anexo D4. Geoquímica análisis geoquímicos por métodos de fluorescencia de rayos X-FRX elementos mayores, menores, trazas y método espectrometría de masas con plasma acoplado inductivamente - ICP-MS.
Anexo D5. Granulometría
Anexo E. Patrimonio geológico geotopos.
Anexo F. Registro fotográfico
Anexo G. Libretas de campo digitales
Anexo H. Mapa fotogeológico de la plancha 254 (San José de Ocuné). Escala 1:100.000
Anexo I. Mapa fotogeológico de la plancha 254 (San José de Ocuné). Escala 1:50.000
Anexo J. Mapa de campo de la plancha 254 (San José de Ocuné). Escala 1:50.000

RESUMEN

El área de estudio se localiza en el departamento del Vichada, ocupa el área que se conoce como Plancha 254 (San José de Ocuné), la cual alcanza una extensión de 2.400 km^2. En esta plancha se ubican los corregimientos de San José de Ocuné, Ranchería Guacamayas; y caseríos menores como La Libertad, Las Brisas y El Porvenir, entre otros, los cuales se hallan habitados por poblaciones de colonos e indígenas de los resguardos Guacamayas Mamiyare, Chalobo, Valdivia, Matatu y Caño Cawasi.

La principal red hidrográfica del área corresponde a la cuenca del río Vichada, la cual está conformada por numerosos afluentes que desembocan en el río Orinoco, entre los cuales se encuentran el río Muco y los caños Guacamayas, Aleburro, Danta, Tuparro, Chololobo, Novillo, Mamiyare, Putare y -ubicados al norte de la plancha- los caños Montebello, Tuparro, Malicia y Beberi.

El clima en la región de la Orinoquia, donde se sitúa el departamento del Vichada, presenta temperaturas medias que oscilan entre los 18°C y 36°C, con una precipitación pluvial que va de los 1.500 a los 2.540 m.m./año, cuya pluviosidad máxima se da en los meses de abril y septiembre, y mínima en febrero y marzo.

El relieve de la plancha referida, está conformado por suelos planos, cóncavos, convexos y suavemente ondulados, el cual permite desarrollar diferentes tipos de paisajes y vegetación, como son las praderas, los bosques de galería y la selva, ésta última hacia la parte sur de la plancha.

En el levantamiento de la cartografía geológica de la Plancha 254 (San José de Ocuné), se reconocieron cinco (5) unidades cartográficas, las cuales han sido definidas de la siguiente manera: Sedimentos pedogenizados asociados a costras ferruginosas (Qcf), Depósitos de Penillanuras Eólicas (Qpe), Depósitos de Cauce aluvial (Qac), y Depósitos de Llanuras de Inundación (Qll). En cada una de estas unidades recientes, se reconocieron sus características litológicas y se tomaron muestras para diferentes tipos de análisis como, por ejemplo, los de palinología, petrografía y geoquímica.

En referencia al origen de las unidades cartografiadas, se encuentra que estas corresponden a complejos a un complejo sistema fluvial-aluvial, donde han

evolucionado depósitos eólicos y de penillanuras, además de procesos de lateralización, pedogenización y entre los factores que controlaron el relleno de la cuenca, se encuentra la subsidencia tectónica y el clima, los cuales resultan determinantes en la relación espacial de acomodación y suministro de sedimentos.

Adicionalmente a este estudio de cartografía geológica, se realizaron estudios de petrografía que han corroborado que el origen de las rocas que componen a las unidades recientes, son provenientes del escudo de la Guyana y de la Cordillera Oriental; además se encontró, que muchas de las rocas analizadas presentan alto grado de fracturamiento por un episodio de impacto acaecido en esta región del país, y el cual formó una estructura de impacto en los últimos 30 mil años.

ABSTRACT

The study area is located in Vichada´s department, that occupies an area in the map called “254 quadrangle – San José de Ocuné” and reaches an extension of 2.400km^2. In this quandrangle are located some jurisdictions like San José de Ocuné, Ranchería Guacamayas and minor hamlets like La Libertad, Las Brisas y el Porvenir among others. These places are inhabited by a colonists population and indigenous from Guacamayas Mamiyare, Chalobo, Valdivia, Matatu y Caño Cawasi guards.

The most important hydrographic network in this region corresponds to the basin of the Vichada river, which is made up by several water tributaries flowing into Orinoco river, among which are Muco river and Guacamayas, Aleburro, Danta, Tuparro, Chololobo, Novillo, Mamiyare and Putare Streams, and located northwardly of the map it can find the Montebello, Tuparro, Malicia and Beberi Streams.

The Orinoquia region weather, where Vichada´s department is located, shows average temperatures goes from 18° to 36°C, with pluvial rainfall ranging between 1500 and 2540 m.m./year, with a maximum rainfall during April to September and with a minimum from February to March.

About the relief of this map, is made up by plain, concaves, convex and slightly waved soils, to allow the development of different types of landscapes and vegetation, such as meadows, gallery forest and jungle towards, this last, southwardly of this quadrangle.

Performing the geological cartography of 254 quadrangle (San José de Ocuné), there have been recognized 5 cartographic units, which have been defined in this form: pedogenetic sediments associated with ferric crust (Qcf), Aeolian peneplain deposits (Qpe), alluvial channel deposits (Qac) and flooding plain deposits (Qll). Each of one the lithological aspects of these units were recognized and samples were taken to different analysis like palinological, petrographic and geochemical anaysis.

Concerning to the genesis of the cartographic units are those that correspond to a complex alluvial-fluvial systems, where have evolved Aeolian and peneplain deposits, besides processes of laterization, pedogenesis and among factors that

controlled the basin filling, are that the tectonic subsidence and the climate, which are crucial in relationship between the sediment supply and the accommodation space.

Additionally, in this cartographic study, were performed petrographic studies which have corroborated that the origin of the rocks that composes the recent units, are from Guyana Shield and the Eastern Cordillera; it was also found the rocks have a high fracturing level due an impact, which happened in this country region, and which formed an impact structure 30.000 years ago.

INTRODUCCIÓN

El Estado Colombiano, representado por el Servicio Geológico Colombiano – SGC, a través de la Subdirección de Geología Básica, tuvo como uno de sus objetivos principales para el año 2012, avanzar en el conocimiento geológico del oriente colombiano. Para lograrlo, se trazó un plan de actividades que consistió en el levantamiento de nueva información geológica, estratigráfica, estructural y geoquímica de áreas sobre las que hasta entonces no se tenía conocimiento de su estructura geológica, como lo es el área de 13.200 km^2 localizado en el departamento del Vichada que se caracteriza en el presente documento, y que se ha denominado *Bloque 9*.

Este informe geológico hace parte de los productos entregables del Contrato n.° 941 de 2011, cuyo principal objetivo ha sido: "La realización de la cartografía geológica y la exploración geoquímica de la Plancha 254 (San José de Ocuné), del departamento del Vichada".

Para el desarrollo y programación de las actividades del proyecto, se realizó inicialmente la revisión de la información bibliográfica, seguida de una campaña de socialización, que proporcionó las bases para la planificación del trabajo de campo. Como resultado de estas tareas, se ejecutaron dos fases de campo: la primera, realizada durante el mes de marzo y la segunda en mayo de 2012, las cuales tuvieron como actividades inmediatas las traversas geológicas correspondientes a la Plancha 254 (San José de Ocuné). Posteriormente, se integran todos los resultados alcanzados en la memoria geológica, para lo cual se realizaron las siguientes actividades:

- Revisión y restauración de las bases topográfica e hidrográfica a escala 1:25.000, 1:50.000 y 1:100.000.
- Elaboración del mapa fotogeológico preliminar.
- Durante la campaña de campo, los datos geológicos fueron adquiridos a diferentes escalas de mapas (1:25.000, 1:50.000 y 1:100.000), ya que no todo el territorio del Vichada presenta una misma cobertura topográfica, razón por la cual se restauraron las bases topográficas de estas planchas. Para la elaboración del mapa geológico se utilizaron diversas imágenes, como son: las de radar, Google Earth y fotos aéreas.

- En el levantamiento y reconocimiento cartográfico de las unidades geológicas y geomorfológicas en campo, se tomaron como base los mapas fotogeológicos preliminares a escala 1:50.000 y 1:100.000.
- A lo largo de toda el área de estudio, se describieron varios segmentos estratigráficos, los cuales registran normalmente espesores de muy pocos metros. De igual forma, en algunos de estos segmentos se lograron reconocer estructuras sedimentarias y, a nivel fotogeológico, se reconocieron lineamientos y rasgos estructurales en algunas capas.
- Se tomaron diversos tipos de muestras de arenas y de lodos, con el fin de realizar estudios de: petrografía, paleontología, granulometría y -para los análisis geoquímicos- se tomaron 33 muestras correspondientes a sedimentos activos y de suelos, las cuales fueron enviadas al laboratorio de geoquímica del Servicio Geológico Colombiano.
- Se interpretaron de manera básica algunas líneas sísmicas con el objeto de definir algunas estructuras geológicas, ya que en el área de estudio los rasgos estructurales en superficie se encuentran cubiertos por depósitos recientes.
- Se reconocieron algunas áreas con problemas de inestabilidad y de amenaza geológica. Así mismo, se desarrollaron temas correspondientes al patrimonio y a la geología económica.

- Finalmente, se elaboró el informe geológico de la Plancha 254 (San José de Ocuné), en cuyos apartes se presenta todo el análisis geológico del área de estudio, con sus respectivos anexos; además se hace entrega de las libretas de campo, muestras de rocas y actas de socialización. También se incluyen los mapas geológicos y geomorfológicos de la Plancha 254 (San José de Ocuné) a escala 1:100.000, los cuales fueron elaborados con las normas y estándares del Servicio Geológico Colombiano.

1. GENERALIDADES

El área de estudio se encuentra localizada en el departamento del Vichada y corresponde a la denominada Plancha 254 (San José de Ocuné), que hace parte del llamado Bloque 9, del Servicio Geológico Colombiano, donde se encuentran extensas sabanas naturales interrumpidas por fajas angostas de bosques de galería y por la corriente del río Vichada. Estas características geográficas junto con un sistema de clima tropical, hacen que esta apartada región del país carezca de infraestructuras en diferentes plataformas de desarrollo, como lo son el transporte, la comunicación y otros servicios públicos. Por lo anterior, las precarias condiciones del pueblo vichadense, hacen de esta región del país un territorio de difícil planificación para el desarrollo de trabajos de investigación.

En concordancia con esta realidad, se realizó inicialmente un trabajo de socialización para esta zona del Vichada, donde se tuvieron en cuenta factores como el clima y la geología básica, con el fin de optimizar los recursos materiales y humanos, indispensables para el desarrollo técnico del proyecto.

1.1 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA

La Plancha 254 (San José de Ocuné), está localizada al oriente del municipio de Cumaribo, al occidente del caserío de Tres matas Cumaribo, ubicándose dentro de las siguientes coordenadas (Figura 1).

Norte $_{1.}$ = 960.000
Norte $_{2.}$ = 1’000.000
Este $_{1.}$ = 1’060.000
Este $_{2.}$ = 1’120.000

** Coordenadas origen: Este – Magna Sirgas.*

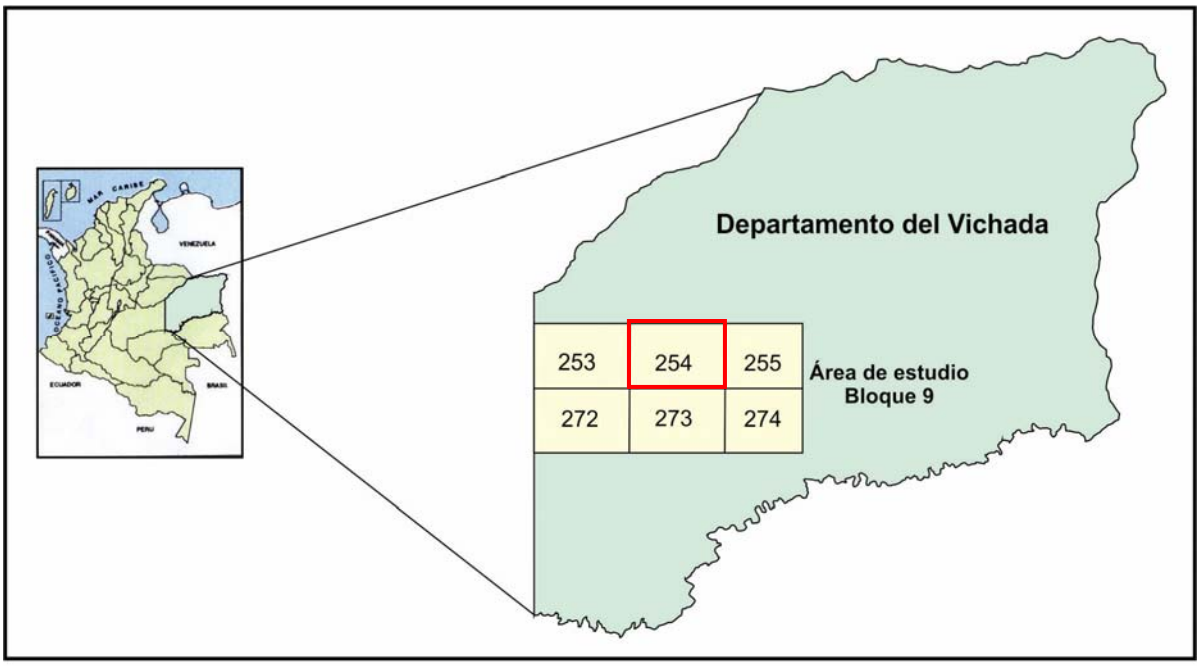

Figura 1. Mapa de localización del Bloque 9, Plancha 254 (San José de Ocuné). Departamento del Vichada.

Este informe presenta la memoria geológica de la Plancha 254 (San José de Ocuné), la cual hace parte del Bloque 9, que a su vez comprende 6 planchas topográficas del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (Tabla 1).

Tabla 1. Bloque 9. Relación de las planchas topográficas del IGAC escala 1:100.000.

PLANCHA TOPOGRÁFICA	ESCALA	NOMBRE	ÁREA (km²)
253	1:100.000	Guacamayas	2.400
254		San José de Ocuné	2.400
255		Cumaribo	2.400
272		El Deba	2.400
273		Chupabe	2.400
274		Caño El Boral	2.400

1.2 VÍAS DE COMUNICACIÓN

Al departamento del Vichada se llega por vía aérea, terrestre y fluvial. Por vía aérea se encuentra la ruta de vuelo Villavicencio – Cumaribo – Puerto Carreño; vuelos que se realizan los días lunes, miércoles y domingos. También existen pistas secundarias, localizadas en los caseríos de Las Gaviotas, Guacamayas, San José de Ocuné y Puerto Príncipe.

En la Plancha 254 (San José de Ocuné), la principal vía terrestre cruza la zona en sentido este-oeste, conectando el caserío de Tres Matas, el municipio de Cumaribo y el caserío de San José de Ocuné. Este último se encuentra a orillas del río Vichada, por lo que se precisa de un sistema de ferris para a travesarlo y permitir el intercambio con otros territorios (Figura 2).

Figura 2. Panorámica del paso en el río Vichada, sector San José de Ocuné.

La información referente a las demás vías terrestres que se encuentran a lo largo de toda el área de estudio (Bloque 9), se presenta en la Tabla 2, con distancias de recorrido y tiempos de travesía para épocas de verano.

Tabla 2. Principales vías carreteables que se encuentran en el Bloque 9.

Origen	Destino	Distancia (km.)	Tiempo Viaje	Vía de acceso
Villavicencio	Cumaribo	661	24 h.	Vía pavimentada sólo a Puerto Gaitán.
Tres Matas	Cumaribo	110	6 h.	Carreteable (Trocha)
Cumaribo	Guanape	160	8 h.	Carreteable (Trocha)
Cumaribo	Puerto Achacara	40	1.15 h.	Carreteable (Trocha)
La Ye Cumaribo-Tres Matas	San José de Ocuné	110	8 h.	Carreteable (Trocha)
San José de Ocuné	Chupabe	60	2 h.	Carreteable (Trocha)
Chupabe	Tienda Nueva (Resguardo Saracure)	40	3 h.	Carreteable (Trocha)

1.3 RELIEVE

El relieve de la Plancha 254 está conformado por terrenos planos, a suavemente ondulados, cuyos suelos se conforman de sedimentos completamente arenosos -como los que se observan hacia el norte de la Plancha 254- y arcillosos -hacia los terrenos bajos en límites con los ríos Vichada y Muco- los cuales hacen parte de la Orinoquía colombiana (INGEOMINAS & IDEAM, 2010).

1.4 CLIMA

Riveros (1983), menciona que esta región presenta un piso térmico que va de los 18°C a los 36°C, con una distribución espacial y temporal de las lluvias que se rige principalmente por: 1. El desplazamiento de la zona de baja presión -dispuesta en dirección E–W- donde convergen las masas de aire procedentes de ambos hemisferios y donde el territorio está bajo la influencia de los vientos alisios del noreste y sureste; y 2. Por la “zona de convergencia intertropical” (ZCIT), la cual se mueve hacia el sur cuando en el hemisferio austral está en verano y se desplaza hacia el norte cuando el hemisferio septentrional está en verano.

En la región de la Plancha 254, la precipitación promedio es de 2.000 mm/año, presentando una temporada seca entre los meses de enero y abril, y la temporada de lluvia desde abril hasta noviembre (CIAT & CIRAD, 2001), como se pudo evidenciar en la campaña de campo.

1.5 HIDROGRAFÍA

El departamento del Vichada cuenta con una gran riqueza hídrica. Entre los principales ríos se encuentran: el río Orinoco, que forma su frontera natural con Venezuela; el río Meta, el cual también limita con este país y con los departamentos de Arauca y Casanare. Al sur se encuentra el río Guaviare que separa a los departamentos de Guainía y Guaviare.

En la Plancha 254, la principal red hidrográfica corresponde a la cuenca del río Vichada, la cual está conformada por numerosos afluentes, entre ellos el río Muco y los caños Guacamayas, Aleburro, Danta, Tuparro, Chololobo, Novillo, y Mamiyare, y hacia el norte de la plancha, los caños Montebello, Tuparro, Beberi y Malicia, que desembocan en los ríos Tuparro y Tomo (
Figura **3**).

Figura 3. Mapa hidrográfico de la Plancha 254, departamento del Vichada. (Tomado del mapa departamental del Vichada, escala 1:500.000, IGAC, 2008).

1.5.1 Río Vichada

El río Vichada se forma de la confluencia de los ríos Planas y Tillvá, recorre el departamento de oeste a este, con un curso aproximado de 580 km, desembocando en la margen izquierda del río Orinoco, el cual representa en sí mismo la frontera natural con el vecino país de Venezuela. Este río y sus afluentes conforman una cuenca con un área aproximada de 25.000 km^2. Entre los principales afluentes de este rio están los ríos Muco y Guarrojo.

1.5.2 Río Muco

El río Muco se encuentra entre los departamentos del Meta y Vichada. Con una longitud total de 217 km., desemboca en el río Vichada -en el sector de San José de Ocuné- convirtiéndose en su principal afluente. Además, representa una importante vía de transporte, ya que sirve como ruta de navegación de pequeñas embarcaciones (IGAC, 1996).

1.5.3 Caño Guacamayas

Este caño nace cerca al corregimiento de Tres Matas, presenta una dirección preferencial W–E y desemboca en el río Vichada, en sectores de Bopone bajo.

1.5.4 Caño Beberi

Este caño se ubica al noroeste del municipio de Cumaribo y desemboca en el río Tomo, en cercanías al Parque Natural El Tuparro.

1.5.5 Caño Tuparro

Nace en el estero Nivenivené al noroeste del municipio de Cumaribo, presentando una dirección N–E. Desemboca hacia el noreste en el río Tuparro, que corresponde a un afluente del río Orinoco.

1.5.6 Caño Malicia

Nace al N–W del municipio de Cumaribo y presenta una dirección noreste. El río, que desemboca en el río Tuparro al norte de la Plancha 254, hace parte de la cuenca del río Orinoco.

1.5.7 Vegetación

En esta región del río Vichada la vegetación de bosque es baja y poca, tanto en las regiones de extensas sabanas como en las regiones de colinas, donde se encuentran pequeños arbustos, pastizales y pajonales. Entretanto, las zonas cercanas a los caños y a los ríos, se componen de bosques de galería y de morichales.

1.6 POBLACIÓN

Según el IGAC (1996), en el departamento del Vichada la densidad de la población es muy baja, y está pobremente distribuida en el departamento, presentando sitios deshabitados entre sus poblaciones. Se estima que el 89% de la población del departamento es indígena. Dentro de ella se distinguen ocho (8) grupos étnicos -entre ellos los guahibos o sikuanes, piaroa, piapoco y puinare- distribuidos en 41 resguardos. Los colonos que habitan el área de la Plancha 254 (San José de Ocuné), ocupan principalmente las llanuras y las orillas del río Vichada, donde han establecido los centros urbanos, como el de San José de Ocuné.

1.7 ECONOMÍA

La economía del área de estudio tiene como principales actividades la ganadería, la agricultura y el comercio. Aunque la ganadería ocupa un renglón importante en la economía de esta región, su producción tiene como único destino el consumo local; esto se debe en parte a las condiciones del suelo, mano de obra, costos de producción y de transporte. La pesca es, de la misma manera, esencialmente para consumo local, a excepción de las especies ornamentales, que son utilizadas como productos de comercio.

En cuanto a la agricultura, se tiene un nivel de desarrollo tradicional y de autoconsumo. Los métodos utilizados para esta actividad son aún muy rústicos y se lleva a cabo en las vegas de los ríos, donde se cultiva plátano, mañoco, maíz y arroz.

El comercio también es otro renglón importante en la economía del departamento y su abastecimiento se hace desde Villavicencio y Venezuela (gasolina y alimentos). También se encuentra que gran parte de la población comercializa mercancías de origen ecuatoriano y de elaboración artesanal como el mimbre, el chiqui-chiqui y el cuero (IGAC, 1996).

2. METODOLOGÍA

La metodología para este proyecto de cartografía geológica, fue establecida bajo un cronograma de actividades tanto para las fases de oficina como para las de campo. Las actividades desarrolladas durante este proyecto fueron las siguientes:

- Revisión y diagnóstico de la información geológica, cartográfica y topográfica.
- Elaboración del programa de socialización en el área del proyecto.
- Restauración de la base hidrográfica y topográfica a escala 1:25.000.
- Interpretación de las imágenes satelitales de tipo Espacio-mapa 254 (San José de Ocuné), de fotografías aéreas del IGAC y de la imagen de radar ALOS-PALSAR.
- Planificación y desarrollo del trabajo de campo.
- Recopilación de los datos de campo y selección de las diferentes muestras de rocas y de sedimentos.
- Elaboración de informes geológicos preliminares, mapas geológicos y geomorfológicos para cada una de las planchas en mención.
- Elaboración de la memoria geológica final con sus respectivos mapas y anexos, tanto en medio físico como digital.

2.1 REVISIÓN Y DIAGNÓSTICO DE LA INFORMACIÓN

Previo a la ejecución de las tareas del proyecto, se elaboró un primer informe de diagnóstico denominado “Compilación y base de datos de la información técnica disponible sobre la geología general del departamento del Vichada”.

Posteriormente y a la par del avance del proyecto fueron consultadas nuevas fuentes bibliográficas disponibles del departamento del Vichada. Entre los temas de interés se consultó la información geológica, cartográfica, topográfica y geofísica /sísmica, pozos, etc.

2.1.1 Información geológica

Como se mencionó anteriormente, esta zona del departamento del Vichada, no cuenta con estudios geológicos detallados y los pocos trabajos consultados son de carácter no oficiales y regionales. Entre las entidades oficiales que han

realizado estudios en esta zona se encuentran: IDEAM, IGAC, INGEOMINAS y ECOPETROL. Entre los estudios consultados están los siguientes:

Mc Candless (1966), menciona que las unidades sedimentarias del terciario y del cuaternario presentan acuñamientos en sentido este-oeste y reposan discordantemente sobre rocas del Paleozoico y del Precámbrico.

Goosen (1971), hace un estudio sobre la fisiografía y los suelos de los Llanos Orientales, describe los tipos de paisaje y las llanuras aluviales de desborde, eólicas y las altillanuras. Además, describe brevementela geología de esta región y reporta que la mayoría de los sedimentos superficiales en los llanos datan del Pleistoceno al Holoceno.

Galvis *et al.* (1979a), describen las unidades geomorfológicas de la cuenca Llanos y proponen las siguientes unidades geológicas:

- Complejo Migmatítico del Mitú.
- Formación La Pedrera.
- Granófiros del Tijereto.
- Formación Piraparaná.
- Diques Diabásicos.
- Formación Araracuara.
- Terciario Inferior Amazónico.
- Terciario Superior Amazónico.

Bruneton *et al.* (1983), hacen una descripción de las rocas cristalinas que afloran en la zona (Zócalo Cristalino) y las correlacionan con el Complejo Migmatítico del Mitú. También describen una secuencia de rocas sedimentarias que las suprayace con una posible edad precámbrica. Además, mencionan depósitos recientes eólicos, lateríticos y llanuras de inundación.

El ITC publica la guía: Sistema ITC de levantamiento Geomorfológico (Verstappen & Van Zuidam, 1992). Esta guía es muy importante para la unificación del mapeo geomorfológico y ambiental, y para la zonificación de los riesgos naturales.

Cristancho (1989), presenta el estudio: Posibilidades de mineralizaciones de Importancia económica en el Granito de Parguaza en alrededores de Puerto Carreño (Vichada – Colombia).

Cooper *et al.* (1995), elaboran el estudio regional y tectónico de las cuencas Cordillera Oriental y Llanos, con datos de campo, de registros sísmicos y de

pozos, determinan el estilo estructural y estratigráfico, además del marco histórico de estas cuencas, desde el periodo Cretácico al Terciario superior.
Galvis & Perilla (2001), realizaron el estudio “Aspectos Geológicos del nordeste del departamento del Vichada”, postulando aspectos generales de la estratigrafía y evolución geológica del departamento. Igualmente, mencionan que esta secuencia ha sido sometida a procesos erosionables que, a su vez, han sido cubiertas por depósitos terciarios y cuaternarios. También sugieren que el estilo estructural de la cuenca corresponde a ciertos episodios de levantamiento en dirección noroeste – sureste, con desarrollo de fallas normales e inversas, y como lineamiento principal mencionan el del río Meta.

INGEOMINAS (2006), realizó el “Proyecto del Oriente Colombiano” con el fin de estructurar y diseñar un programa de levantamiento geológico a escala 1:200.000; de donde generó la cartografía geológica a escala 1:500.000 del oriente colombiano. Este trabajo permitióidentificar zonas con potencial mineral con base en la integración de estudios geológicos, geofísicos y con la interpretación de fotografías aéreas e imágenes de satélite.

Bayona *et al.* (2008), a partir del estudio estratigráfico del pozo Saltarin-1A, perforado en un sector distal de la cuenca de los Llanos, analizan los registros de las Formaciones Carbonera, León y Guayabo, y, a partir de los registros estratigráficos, determinan una historia de subsidencia y de las condiciones climáticas que controlaron el relleno de esta cuenca continental de antepaís del sector sureste de los Llanos Orientales. Este estudio proporciona información interesante para el presente trabajo de cartografía, puesto que entrega el entendimiento para el marco geológico del área de estudio. Además, se encuentra que, el intervalo más superior de la Formación Guayabo (unidades informales G5 y G6), es importante para este estudio, debido al análisis de procedencia que reportan para esta.

INGEOMINAS & IDEAM (2010), realizó varios estudios en las regiones de los Llanos Orientales y de la Orinoquia colombiana. Entre los trabajos de interés publicados, se consultaron los siguientes títulos:

- Nuevos elementos conceptuales para la clasificación fisiográfica del terreno. Comisión Colombiana del Espacio – CCE. Análisis Geográficos n.°40.
- Unidades geomorfológicas del territorio colombiano.
- Sistemas morfogénicos del territorio colombiano.

Carvajal (2012), del Servicio Geológico Colombiano, publica el informe “Propuesta de estandarización de la cartografía Geomorfológica en Colombia”.

2.1.2 Información cartográfica

Del análisis de la información cartográfica disponible para el área de estudio, se encontró que el cubrimiento geológico es muy general y escaso. Este cubrimiento se circunscribe básicamente a mapas temáticos y regionales; entre los mapas de interés que se encontraron están los siguientes:

- Mapa Geológico. Departamentos del Meta, Comisarías de Guainía, Guaviare y Vichada Plancha 5-15. (INGEOMINAS, 1977).
- Mapa de campo. Escala 1:500.000. Plancha 5-10. (INGEOMINAS, 1979).
- Atlas Geológico de Colombia. Escala 1:500.000. Planchas 5-10. 5-15. (INGEOMINAS, 2007).
- Mapa Geológico de Colombia - MGC: Historia, Explicación y Perspectivas. (INGEOMINAS, 2007).

2.1.3 Información topográfica

La información topográfica de la zona de trabajo, radica básicamente en la Plancha 254 (San José de Ocuné), a escala 1:100.000. También se encuentran las planchas topográficas a escala 1:50.000, aunque de manera incompleta, ya que algunas planchas carecen de las curvas de nivel y de la hidrografía. En cuanto a la información de mapas topográficos a escala 1:25.000, son inexistentes. Por lo anterior, se realizó la actualización de la base topográfica e hidrográfica, con el fin de tener mayor control y precisión en la captura de información cartográfica. En la Tabla 3, se presentan las diferentes planchas utilizadas.

Tabla 3. Resumen de la información topográfica.

Tema	Índice	Escala
Espacio mapa	254 (San José de Ocuné)	1:100.000 IGAC
Carta General	254 (San José de Ocuné)	1:100.000 IGAC
Mapas Topográficos	254 (I-II-III-IV)	1:50.000 IGAC
Mapas Topográficos	254 I (A-B-C-D) 254 II (A-B-C-D) 254 III (A-B-C-D) 254 IV (A-B-C-D)	1:25.000 IGAC

2.1.4 Interpretación y elaboración de mapas fotogeológicos

Para la fotointerpretación, se utilizaron fotografías aéreas (Tabla 4 y Figura 4) y el espacio-mapa 254. Como imagen adicional para este análisis, se compró la imagen de radar ALOS-PALSAR con resolución de 7m, (

Figura 6), de la empresa GeoSPatial.
Como resultado de esta fase de fotointerpretación geológica, se generaron mapas preliminar a escala 1:100.000 y 1:50.000 del área (Anexo H y J), en donde se presentan las diferentes unidades fotogeológicas interpretadas como depósitos areno-arcillosos, eólicos, aluviales y depósitos de llanuras de inundación.

Para el análisis de fotointerpretación geomorfológica, adicionalmente se utilizaron imágenes y mapas temáticos como los de altillanuras y de suelos del Vichada (escala 1:200.000), cuyos resultados se presentan en el capítulo de geomorfología.

Tabla 4. Información de los vuelos utilizados para la realización de la fotointerpretación.

VUELO	FOTOGRAFÍA AÉREA		ESCALA APROXIMADA	AÑO	PLANCHA
	DESDE	HASTA			
M-1243-60-62 S-1100	24517 (Caño Tuparro)	24531 (Río Cada)	1:60.000	1964	254-273
M-1298-60-64 S-1236	30574 (Caño Tuparro)	30587 (Río Cada)	1:60.000	1964	254-273
M-1280-60-63 S-1177-A	27903 (Caño Beberí-Estero Nivenivene)	27889 (Río Cada)	1:60.000	1964	254-273
M-1278-60-63 S-1171	27491 (Caño Beberí)	27485 (Río Vichada)	1:60.000	1964	254-273

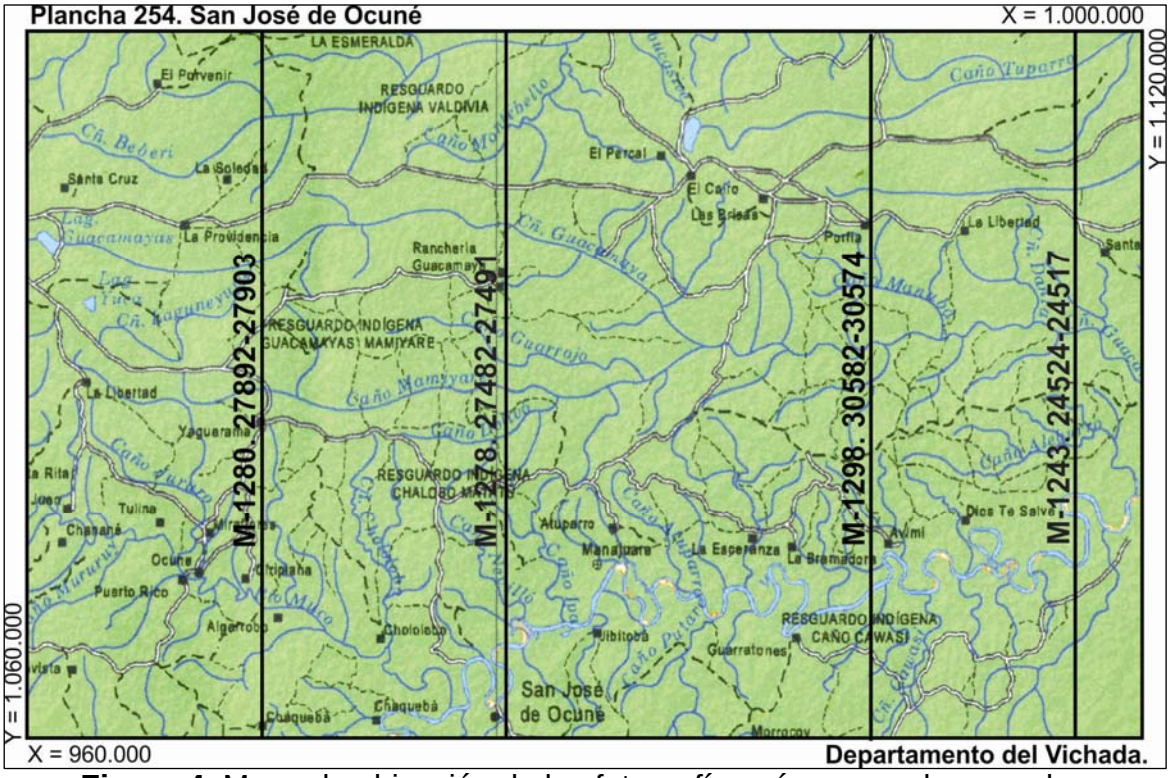

Figura 4. Mapa de ubicación de las fotografías aéreas usadas para la laboración del mapa fotogeológico (Tomado del mapa departamental del Vichada, escala 1:500.000. IGAC, 2008).

2.2 SOCIALIZACIÓN

La fase de socialización se realizó entre los meses de enero a mayo de 2012, con el desplazamiento del señor R. Arango por parte de GEOREXP, al área de trabajo. Quién entabló socialización con personas de Cumaribo, Tres Matas, Chupabe, El Viento, Guanape, Puerto Lindo, El Deba y sectores de los ríos Vichada, Muco, Guarrojo y Cada.

A pesar de las problemáticas que denunciaron y reclamaron las organizaciones indígenas de Colombia, como lo es la “Consulta Previa” -la cual obliga a toda organización o empresa a que se rijan por esta ley indígena para poder adelantar cualquier tipo de estudio-, el equipo de GEOREXP logró, durante esta fase de socialización, importantes acuerdos y compromisos con las comunidades del área, para permitir el desarrollo del proyecto,los cuales fueron acatados bajo las normas indígenas y para lo cual se realizaron las siguientes actividades:

- Se llevó a cabo la socialización con las autoridades civiles presentando comunicaciones oficiales por escrito, difundiendo el alcance y objeto del proyecto en el programa de radio de la emisora del Ejército Nacional (
- Figura 5. b.), donde se socializó el proyecto en lenguas sikuani, piapoco y español.

- Se visitó a las diferentes localidades del Bloque 9 para solicitar permisos y acompañamientos a sus pobladores. También se visitaron ciertos territorios de las comunidades indígenas con el mismo fin.

- Se reconocieron las principales vías de comunicación, medios de transporte disponibles, hospedaje, puntos de abastecimiento y servicios de comunicación (teléfono, internet).

- Los acercamientos realizados con la población de colonos e indígenas, permitieron establecer buenas relaciones para futuros trabajos, como en los sectores de Cumaribo, Guanape, Tres Matas, Puerto Lindo y Caserío de Chupabe, y en algunos sectores del río Vichada, en especial con las comunidades del Dume y Urba Morichal, ubicadas en las áreas de la selva de Matavén. Planchas 255 (Cumaribo) y 274 (Caño El Boral).

Igualmente, durante esta fase de socialización, las comunidades solicitaron a la empresa GEOREXP ciertas contraprestaciones por los permisos otorgados. En el Anexo C, se documentan mediante actas y fotos, todo lo relacionado a compromisos y acuerdos que se llevaron a cabo con las comunidades de la región. Entre los compromisos, actividades y apoyos realizados con estas comunidades, se encuentran los siguientes puntos:

- Se realizó un curso de capacitación en serpientes venenosas (
- Figura 5. a.) y se donaron sueros antiofídicos a las comunidades de Cumaribo y zonas aledañas. Este curso fue dictado por el Doctor Juan Manuel Rengifo y el Taita Martín Tenganá.

- Se entregaron kits escolares para más de 300 niños que estudian en los colegios de los diferentes internados del municipio de Cumaribo y algunos cabildos. Igualmente se donaron diversos insumos a la comunidad como: plantas eléctricas, alimentos, semovientes, medicamentos y combustible, entre otros. En los documentos que se anexan para esta verificación se entregan copias de las diferentes actas firmadas por los dirigentes y líderes de algunas de las comunidades indígenas.

- Se contrataron personas de la región, líderes comunales y algunos capitanes indígenas de las comunidades Sikuanes y Piapocos, y a

personas desempleadas. Asimismo, todo el servicio de transporte (lanchas, bongos, motocicletas, carros, etc.), fue contratado en la zona de trabajo.

- Con las comunidades indígenas se establecieron ciertos compromisos como: no transitar por aquellos territorios sin los permisos oficiales. No se efectuaron trochas adicionales a las existentes y todas aquellas zonas que se consideran como sagradas por parte de estas comunidades, no se tocaron, sobre todo zonas localizadas en la parte sureste del Bloque 9.

Figura 5. a. Imagen general de la capacitación de sueros antiofídicos a la comunidad de Cumaribo. **b**. Socialización llevada a cabo desde la emisora del Ejército Nacional.

2.3 RESULTADOS DEL TRABAJO DE CAMPO

En la Plancha 254 (San José de Ocuné), El total de estaciones geológicas y de muestras colectadas durante las campañas de campo se presentan en la Tabla 5, las cuales están descritas en las libretas de campo (Anexo G) y en los mapas de campo (Anexo I y K)

Tabla 5. Número de estaciones geológicas y muestras colectadas en la Plancha 254 (San José de Ocuné).

Plancha	Estaciones Geológicas	Muestras Colectadas
254 (San José de Ocuné)	188	64

2.3.1 Estaciones geológicas y muestras

Las estaciones geológicas y las muestras colectadas por los geólogos, fueron registradas en las libretas de campo con sus respectivas coordenadas, tomadas de los GPS (GARMIN GPSmap 62sc). En los Anexos A2 y B3, se presentan las muestras colectadas en campo y mapas de estaciones.

2.3.2 Columnas estratigráficas

En esta área se reseñaron y levantaron nueve (11) segmentos estratigráficos, los cuales no registran base ni techo y las características litológicas corresponden a arcillolitas, arenitas y conglomerados.

2.3.3 Ensayos realizados

Durante la campaña de campo, se colectaron en la Plancha 254, 64 muestras(Anexo A2),las cuales fueron enviadas para los siguientes análisis (Anexo D):

- Treinta y tres (33) muestras de sedimentos activos fueron enviadas al Laboratorio de Geoquímica del Servicio Geológico Colombiano.

- Dos (2) muestras para análisis de palinología fueron enviadas a H. Duque, M. Rueda y al Departamento de Ciencias de la Universidad Nacional de Colombia.

- Dos (2) muestras para análisis petrográfico fueron analizadas por el petrógrafo R. Llinás.

- Cuatro (4) muestras para análisis de granulometría fueron realizadas por Qualità Colombia.

- Las muestras de rocas restantes fueron analizadas por el grupo de geólogos de GEOREXP, utilizando lupas de mano y lupas binoculares del Servicio Geológico Colombiano.

2.3.4 Registro fotográfico

Se tomaron más de ciento cuarenta (140) fotografías las cuales presentan en el Anexo F.

2.4 ELABORACIÓN DE LA MEMORIA GEOLÓGICA

Como fase final, se procedió a realizar el procesamiento de la información obtenida tanto en la oficina como en campo, al igual que la de laboratorio, para lo cual se realizaron las siguientes tareas:

- Elaboración de los registros gráficos y de los mapas geológicos, para lo cual se usó el programa ArcGIS 9.1, con el cual los productos finales fueron estructurados bajo los estándares del Servicio Geológico Colombiano.

- Para la elaboración de la memoria geológica concerniente a la Plancha 254 (San José de Ocuné), se utilizaron los siguientes software: Word 2010, CorelDraw X5 y Excel, entre otros programas, con los cuales se realizaron los capítulos de generalidades, estratigrafía, tectónica, geoquímica, geología económica, etc. y demás información de la memoria.

3. GEOMORFOLOGÍA

El análisis de las unidades geomorfológicas de la Plancha 254 Bloque 9, a escalas 1:100.000 y 1: 50.000 del departamento del Vichada (Anexo B2), se fundamentó en la revisión de la información secundaria e interpretación de las imágenes de satélite y de fotografías aéreas, aplicadas al análisis de las unidades de paisaje del área de estudio, dichas imágenes fueron procesadas con estereoscopios. Esta información se implementó con lo observado en la visita de campo, con el propósito de delimitar y describir las diferentes expresiones del paisaje, tipos de relieve y ambientes morfogenéticos.

3.1 GENERALIDADES

En este capítulo se describe el análisis de las diversas unidades geomorfológicas presentes como modeladoras del paisaje dominante dentro del área de estudio, correspondiendo a áreas de topografía plana conformadas por sedimentos finos (arenas y limos) con evidencia de procesos incipientes de erosión por escurrimiento hídrico superficial. En las planicies se han modelado otras unidades como los bajos inundables, dunas y médanos.

Entre los paisajes más destacados, se identifican: 1) La llanura aluvial inundable de los ríos Vichada y Muco, y los caños Guacamayas y Mamiyare. Sobre estas franjas se encuentran los diferentes cauces o lechos activos que en su conjunto conforman un patrón dendrítico y meándrico para los ríos anteriormente mencionados. 2) La extensa llanura aluvial de desborde está asociada a los principales ríos mencionados, generalmente presenta relieve bajo y plano, casi siempre inundable. 3) Unidades Denudacionales, (bien drenada), que presenta diferentes grados de disección que va desde muy disectada, hasta muy poco disectada y no disectada. 4) La altillanura en Detritos Continentales está representada morfológicamente hacia las regiones sur-orientales de la Plancha 254, por paisaje de peneplanicie o pedillanura.

Se debe resaltar que, dentro de la unidad de llanuras aluviales, el rasgo principal es la densidad de zonas de bajos y de esteros. Los depósitos aluviales recientes, corresponden a aquellos depósitos que se encuentran a lo largo de los ríos y quebradas, morfológicamente están dando lugar a áreas muy planas, caracterizadas por presentar materiales no consolidados y constituidos por rocas de diversos tamaños.

3.2 AMBIENTES MORFOGENÉTICOS

La geomorfología tiene como objeto principal la agrupación de las diferentes unidades de paisaje, con base en el origen de las geoformas (morfogénesis), su morfometría, morfoestructura y los procesos denudativos que han moldeado las geoformas (morfodinámica) que actúan sobre la superficie terrestre en diferentes proporciones e intensidades durante un intervalo de tiempo geológico (Villota, 1997). Las propiedades morfométricas de las geoformas son atributos cuantitativos del paisaje y están derivados de la elevación del terreno y la red de drenaje que lo acompaña.

Durante el proceso de interpretación de las fotografías aéreas, se lograron identificar y definir los diferentes ambientes morfogenéticos existentes en el área de estudio y, según Velásquez (1999), estos ambientes corresponden a un origen exógeno, endógeno e incluso a ambientes de origen antrópico.

Para determinar las unidades geomorfológicas presentes en el terreno, se empleó el análisis de las imágenes de radar APLSRP 268120060-03, APLSRP 268120060-02, APLSRP 26, 8120060-07, APLSRP 268120060-06, APLSRP 268120060-05 y APLSRP 268120060-04; y del espacio-mapa a escala 1:100.000 del 2006 de la Plancha 254 (San José de Ocuné), que comprenden la zona del Bloque 9. En la
Figura 6 se pueden ver las imágenes de radar en la parte superior y el espacio mapa resultante en la parte inferior.

Adicionalmente, se realizó el análisis de las siguientes fotografías aéreas que involucran el área de la Plancha 254, S-1100 (24517 – 24526), S-1171 (27482 – 27491), S-1177A (27892 – 27903) y S-1236 (30574 – 30582). Para el área de estudio, se identificaron y se definieron los diferentes ambientes morfogenéticos existentes en la zona de estudio. Como resultado de este análisis se generó el mapa geomorfológico que se presenta en el Anexo B2.

La geomorfología del área se encuentra influenciada por procesos geológicos asociados al origen y evolución, la cual se localiza entre el escudo Guayanés y la Cordillera Oriental, donde afloran depósitos porosos, no estratificados, de origen eólico, y depósitos aluviales antiguos y recientes, de las cuencas de los ríos Orinoco, Meta y Vichada (Villota, 1997), que se han enmarcado dentro de las condiciones climáticas sucedidas durante el Pleistoceno-Holoceno, que se manifiesta en la presencia de costras de hierro localizadas sobre la altiplanicie (Cortés, 1983).

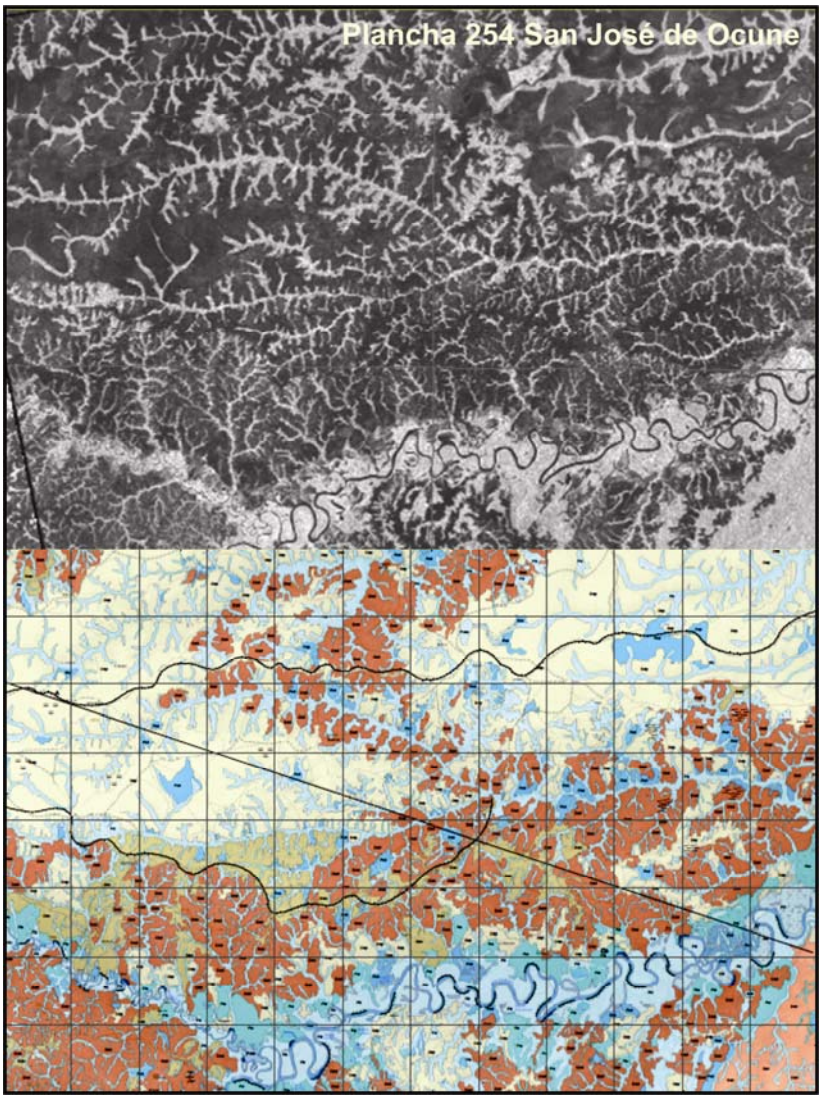

Figura 6. En la parte superior se observa la imagen de radar ALOS-PALSAR correspondientes al área de la Plancha 254, y en la parte inferior se presenta el mapa geomorfológico interpretado en este trabajo.

Para la definición del componente geomorfológico de la Plancha 254, se analizaron los siguientes aspectos:

- **Morfoestructura:** rasgos asociados a la deformación tectónica que incide en el modelado del paisaje. Esta unidad conforma un relieve plano con alturas relativas de hasta 1 m y pendientes que varían entre el 0% y el 15%. Presenta un patrón de drenaje meándrico.

- **Morfogénesis:** corresponde a formas planas de origen fluvial, asociadas a las corrientes actuales, que presentan cauces amplios con desarrollo de planicies de inundación formadas por el desborde de los ríos y quebradas que anegan la llanura; el agua fluye depositando así cantidades de sedimento fino sobre el suelo del valle, como arenas finas, limos y arcillas diseminadas en la llanura. El patrón de drenaje que caracteriza estas planicies es meándrico.

- **Morfometría:** características de las geoformas con base en criterios métricos.

- **Morfodinámica:** procesos denudativos que han modelado y continúan modelando las geoformas. En esta unidad predominan los procesos de socavación lateral sobre las márgenes hídricas, se manifiestan en las curvas pronunciadas de las corrientes principales.

El Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), utiliza como criterios de diferenciación la morfogénesis y los procesos geomorfológicos actuales, relacionados íntimamente con las características morfoclimáticas del territorio, visión fundamentada en la metodología francesa (Tricart, 1977; Flórez & Parra, 1988; Flórez, 2003; Velásquez, 1999; INGEOMINAS & IDEAM, 2010).

Particularmente el Servicio Geológico Colombiano, en sus estudios de evaluación del medio ambiente y Ordenamiento Territorial, ha utilizado una adaptación de la metodología antes mencionada, y ha propuesto una jerarquización de las geoformas relacionando la escala de trabajo con la subdivisión geomorfológica.

La aplicación de la geomorfología es de tipo conceptual y radica fundamentalmente en las escalas de trabajo. En este sentido se retoma la jerarquización propuesta por Velásquez (1999), modificando los nombres para darle un sentido estrictamente morfogenéticos y así unificar criterios de estandarización de la información, siguiendo los lineamientos de la metodología ITC de Holanda (Instituto Internacional para el Estudio Aeroespacial y Ciencias de la Tierra, Verstappen & Van Zuidam (1992)) para la fisiográfica del territorio nacional.

Para el presente estudio del levantamiento geomorfológico, se llevó a cabo la delimitación y descripción de las diferentes expresiones del paisaje, tipos de relieve, ambientes morfogenéticos, diferenciación de las unidades permeables e impermeables, teniendo en cuenta -además- la composición, textura y disposición estructural del terreno.

Las fuentes de información utilizadas fueron fotografías aéreas, planchas cartográficas y trabajo de campo, de donde se pudieron identificar los siguientes dominios geomorfológicos. En la
Tabla 6 se presenta las unidades geomorfológicas identificadas en este proyecto a escala 1:100.000.

Tabla 6. Descripción de las Unidades Geomorfológicas.

Ambientes Morfogenéticos	Unidades Geomorfológicas	Subunidades
Unidades de Origen Fluvial-Aluvial.	Llanuras y Planos de Inundación Fluvial (Flli)	
	Barras Puntuales (Fbp)	
	Paleocauces y Meandros (Fpm)	
	Meandros Abandonados (Fma)	
	Cuencas de Decantación o Planos Inundables (Fcd)	
	Cuenca de Decantación Activa (Fcda)	
	Zonas de Erosión Fluvial Acentuada (Fze)	
	Terrazas Aluviales (Ft)	Terraza Aluviales Baja (Ftb)
		Terraza Aluviales Alta (Fta)
Unidades de Origen Denudacional.	Altillanura Disectada (Dad)	
	Altillanura Plana (Dap)	
	Altillanura en Detritos Continentales (Dac)	
	Altillanura con Crestas Planas (Dacp)	
	Sedimentos Costras de hierro (DCfe)	
Unidades de Origen Eólico	Depósitos de origen eólico	
Rasgos Geomorfológico	Erosión Laminar. Erosión en Surcos. Erosión en Cárcavas. Divisoria de Cuenca	

Fuente: Información recolectada y adaptada de las campañas de campo del 2012.

A continuación se relacionan las unidades geomorfológicas interpretadas.

3.2.1 Unidades Geomorfológicas de Origen fluvial - aluvial

Las unidades de origen fluvial corresponden a extensos depósitos generados por los ríos actuales en la llanura de inundación debido a los procesos de eventuales crecidas de los ríos, quebradas y caños, constituidos principalmente por sedimentos areno-arcilloso de desborde generados en épocas de inundación (Velásquez, 1999).

Las unidades geomorfológicas de este proyecto fueron establecidas con base en su origen y en los contrastes presentados. Una de las más representativas de la región, corresponde a la sabana o llanura aluvial extensa, asociada a los ríos Vichada y Muco, y los caños Guacamayas, Malicia y Mamiyare. Son comunes los pequeños valles labrados sobre la altillanura los cuales se distinguen sobre las imágenes interpretadas.
La mayoría de los valles menores son de fondo plano o cóncavo, donde se depositan los materiales coluvio-aluviales procedentes de la disgregación de los suelos y costras de los interfluvios. También se ha determinado que la amplitud de estos valles es debido a los procesos de crecientes, lo que construye formas como meandros, diques y cubetas.

Los sistemas aluviales se justifican con base en sus particularidades sedimentarias relacionadas con sus cuencas hidrográficas bajo un régimen de clima monomodal, contrastado con aquellos en los que el escurrimiento superficial aporta materiales de los suelos ferruginosos de la altillanura (Velásquez, 1999).

3.2.1.1 Llanuras y planos de inundación fluvial (Flli)

Las llanuras aluviales inundables están asociadas al río Vichada, las cuales se encuentran a lo largo del todo el valle aluvial, donde las superficies están levemente inclinada hacia el Este, asimismo se hallan conformadas por sedimentos aluviales recientes y por materiales del suelo, asociados a la dinámica de las corrientes de agua. Localmente posee acumulaciones eólicas o montículos parcialmente enterrados por sedimentos aluviales más recientes (Cortés, 1983).

En el sector de la Plancha 254 (San José de Ocuné), el río Vichada, al correr por su llanura aluvial, forma meandros, lo que origina lagunas en forma de medialunas, lo cual indica una escasa pendiente del terreno y también una disminución de su nivel base (
Figura 7).

Dentro del valle aluvial el cauce activo es el sector que permanece la mayor parte del tiempo inundado y es por el cual discurre el caudal dominante, que también es conocido como las partes laterales del cauce.

Figura 7. Planicie aluvial inundable asociada al río Vichada. Estación MB-070B. Coordenadas N: 961008; E: 1074531.

3.2.1.2 Barras puntuales (Fbp)

Son orillares o barras, característicos de los ríos meándricos, los cuales se forman en sus lados internos y se extienden a sus curvas, mediante la depositación de sucesivas capas de aluviones (arenas, limos y arcillas) y son arrastradas por la corriente; formando estructuras cóncavo-convexas, de forma alargadas y curvadas de diversa amplitud (Velásquez, 1999).

En la Plancha 254 (San José de Ocuné) las barras puntuales están formadas a lo largo del rio Vichada y en sectores del río Muco, las cuales están conformadas principalmente por material arenoso, cuya extensión puede alcanzar varios metros de longitud de 3 a 5 metros de altura (Figura 8) (Anexo B2).

Figura 8. Panorámica del río Vichada, a la derecha se deposita las barras de arenas del río. Sector de San José Ocuné. Coordenadas: N= 961,507 E=1,083,023 E; 122 m.

3.2.1.3 Paleocauces y meandros (Fpm)

Estas geoformas se presentan en las curvas abiertas o cerradas de los ríos y caños, que evolucionan hasta que pueden quedar inundados en épocas de crecidas y actuar como zona de amortiguación (Velásquez, 1999).
Los valles de fondo plano con cauce meándricos, no sobrepasan los 2 m de profundidad y parecen corresponder a cubetas de inundación o paleocauces mayores en climas más húmedos. La cobertura vegetal está compuesta por bosques de galería, mientras que en los interfluvios dominan los herbazales ralos de sabana (Cortés, 1983).

La llanura aluvial meándrica se forma entre los ríos Vichada y Muco, y está caracterizada por presentar vegas inundables, paleocauces y meandros abandonados, producto de varias generaciones de cauces, orillares y meandros. En la
Figura 9 se presenta una vista aérea de los meandros que forma el río Vichada y Muco.

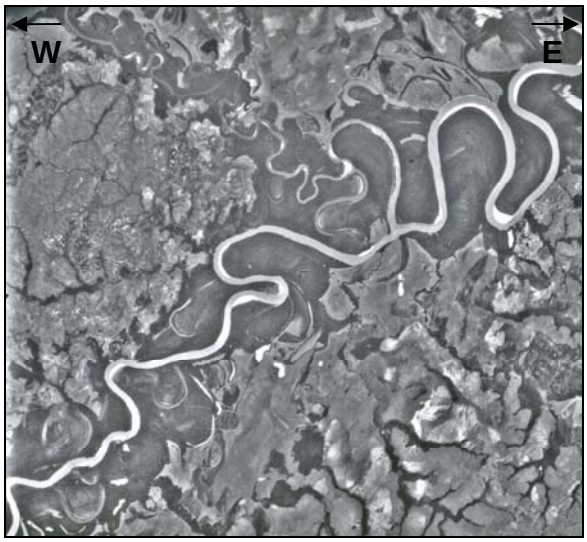

Figura 9. Foto aérea (Vuelo 1278 Número 27484). Imagen del río Vichada donde se da desarrollan planicies aluviales, meandros y paleocauces. En el centro de la imagen se muestra la desembocadura con el rio Muco y también las altillanuras planas y disectadas.

3.2.1.4 Meandros abandonados (Fma)

Son estructuras en forma de charcos o pantanos semilunares, permanentes o temporales, como lagos artificiales que sirven de áreas de amortiguamiento durante las crecidas de los ríos, quebradas y caños. Estas estructuras recién cortadas, contienen aguas que forman lagunas; sin embargo, luego de sucesivas inundaciones van llenándose con aluviones más finos hasta transformarse primero en pantanos y, finalmente, en meandros colmatados y abandonados (Villota, 1997).

Los meandros abandonados o madreviejas, se observan en los valles aluviales de los ríos Vichada, y Muco, donde los tramos de ríos corresponden a una curva de meandro abierto o cerrado, cuyo corte y aislamiento ocurre cuando la corriente acorta su curso o incrementa localmente su pendiente. Estos tramos presentan forma semilunar y pueden quedar inundados en épocas de crecidas, actuando como zonas de amortiguación.

3.2.1.5 Cuencas de decantación o planos inundables (Fcd)

Son planos inundables más bajos que el nivel base del drenaje y, por lo general, sirven como zonas de amortiguamiento en eventuales crecidas (Verstappen, 1987). En la llanura aluvial, las cavidades pandas son utilizados por los ríos, quebradas y caños, solamente en épocas de lluvias, los cuales han sido denominados como planos inundables o cursos abandonados (Villota, 1997).

Esta unidad geomorfológica en la Plancha 254 se encuentra distribuida de manera irregular y, en la cuenca del río Vichada, se presentan planos inundables de edad actual.

3.2.1.6 Cuencas de decantación activas (Fcda)

En la llanura aluvial se manifiestan depresiones utilizadas por los ríos, quebradas y caños, como zonas conectadas a un curso principal con aporte de sedimentos que van desde más finos a más gruesos, hasta transformarse primero en áreas pantanosas y, finalmente, en cuencas de precipitación de sedimentos (Villota, 1997).

En la Plancha 254 (San José de Ocuné), las cuencas de decantación corresponden a la unidad más sobresaliente del plano inundable. Estas se localizan en forma continua hacia las márgenes del río Vichada y se forman por la acumulación longitudinal de sedimentos finos del río durante crecidas excepcionales.

3.2.1.7 Zona de erosión fluvial acentuada (Fze)

Las zonas de erosión fluvial de una corriente de agua, se presentan en las geoformas meándricas produciendo socavamiento lateral que genera desprendimientos. Las características morfológicas de estas zonas dependen de la sedimentación, régimen hidrológico de la corriente y de las fluctuaciones del nivel base de erosión (Velásquez, 1999).

Los depósitos aluviales, barras de arenas son producto de la erosión fluvial lateral, transporte y depositación de materiales de las márgenes de los ríos. En la Plancha 254, a lo largo del río Vichada, se delinearon sectores de erosión fluvial.

El análisis geomorfológico a lo largo de la cuenca del río Vichada muestra un proceso de socavación y divagación lateral del cauce, erosión por carcavamiento y escorrentía, que permite evidenciar que las márgenes conservan la cobertura de bosque de galería.

3.2.1.8 Terrazas aluviales (Ft)

Las terrazas son antiguos planos aluviales, bien drenados en las partes altas y mal drenados en los paleocauces, también se encuentran que estos planos aluviales presentan una leve pendiente hacia el río, donde son erosionables, y sin cobertura vegetal. Estos planos se ubican en los bordes del talud de la terraza y con el escurrimiento de paredes verticales da paso al drenaje y al cambio en altura. (Carvajal, 2012).

En las llanuras aluviales, las terrazas bajas se inundan en temporadas lluviosas, mientras que las terrazas medias y altas se inundan ocasionalmente (Suarez & Mojica, 1985; en Carvajal 2012).

3.2.1.9 Terraza aluvial alta (Fta)

En la Plancha 254 (San José de Ocuné), las terrazas altas están localizadas principalmente hacia la planicie aluvial alta del río Vichada, donde están compuestas de materiales lodosos y de materia orgánica (hojas y raíces).

3.2.1.10 Terraza aluvial baja (Ftb)

Las terrazas aluviales bajas se forman por cambios en el nivel de base de un río, y se originan por erosión total o parcial de los sedimentos de la llanura aluvial o vega. Estas llanuras o vegas se forman por los desbordamientos repetidos que se producen durante las inundaciones (Velásquez, 1999).

Esta unidad se desarrollada como producto de los procesos de entallamiento del río dentro de sus propios sedimentos. Las terrazas bajas generalmente se inundan en épocas y años lluviosos (
Figura 10).

Figura 10. Al fondo se notan sistemas de terrazas bajas e inundables en sector de Puerto Guatatupare. Estación MB-019MB-019, Coordenadas N = 969.830; E = 1106.120.

3.2.2 Unidades geomorfológicas de origen denudacional

Las unidades de origen denudacional se desarrollan sobre la altillanura, la cual corresponde a una superficie relativamente plana, levantada tectónicamente por encima del nivel de la planicie aluvial actual y que ha sido afectada posteriormente por procesos de disección en diferentes grados que, a su vez, generan superficies de ondulada a colinada y con un desarrollo de drenaje que

varía entre los patrones dendrítico denso a subdendrítico. En varios sectores sobre el frente del escarpe de disección se presentan costras de hierro (Van Zuidam, 1985; En Carvajal 2012).

3.2.2.1 Altillanura disectada (Dad)

Este sistema morfogénico se identifica como el que presenta mayor estado de degradación por procesos ligados al escurrimiento superficial difuso con truncamiento de suelos y al escurrimiento concentrado con formación de surcos, cárcavas y tubificación.

En estas altillanuras las cárcavas son linealmente activas y están conectadas con tubificaciones bajo las costras ferruginosas, lo cual indica un escurrimiento en el subsuelo (Cortés, 1983). El modelado de estos procesos da como resultado la disección profunda y el agrietamiento por el cual el agua lluvia genera surcos y cárcavas (Villota, 1997).

La disección es funcional en forma moderada y, junto con el escurrimiento difuso en los flancos de los valles, son los procesos dominantes del sistema. Esta disección deja unos interfluvios planos en forma de mesa que fácilmente inundables y a la vez protegidos por las capas de las costras ferruginosas (Velásquez, 1999).
En la Plancha 254, estas altillanuras se encuentran entre la llanura del río Vichada y las altillanuras planas, las cuales están conformadas por pequeños valles aluviales con altitud entre 50 m a 170 m, también comprenden suelos profundos, bien drenados con ocasionales inundaciones de corta duración (Figura 11).

Figura 11. Altillanuras disectadas entre los valles aluviales donde el relieve es plano con pendientes bajas. Comprenden suelos profundos, bien drenados y con inundaciones ocasionales. Estación MB-027. Coordenadas N: 970798; E: 1183740.

3.2.2.2 Altillanura plana (Dap)

La altillanura plana presenta una superficie homogénea que sirve como divisoria de aguas y en ocasiones se encuentran humedales y esteros. Estas altillanuras están conformadas por depósitos aluviales y eólicos y por suelos pobremente drenados, con texturas moderadamente fina a gruesas, con profundidades relativas que depende de las fluctuaciones del nivel freático.

Las altillanuras planas se caracterizan por la presencia de formas heredadas o formas residuales frente al proceso de disección actual; por esto se presentan formas menores de mesas en posición alta, como residuos del desmantelamiento de los bordes por disección.

En la Plancha 254, las altillanuras planas se encuentran hacia las regiones del norte, donde los depósitos son llanuras de arenas con materia orgánica de poca elevación que se caracterizan por estar desprovistas de vegetación.

3.2.2.3 Altillanura con crestas planas (Dacp)

La unidad denominada altillanura con crestas planas se encuentra principalmente hacia el sur de la Plancha 254, la cual se halla limitada por un talud o escarpe que evoluciona en superficie ligeramente inclinada y se afecta por escurrimiento difuso y concentrado (
Figura 12).

El patrón de drenaje es dendrítico y moderadamente denso, con tramos cortos, parecido a las ramas de un árbol. Este sistema de modelado presenta valles de fondo plano (Villota, 2005). Algunas áreas -especialmente aquellas de mayor pendiente- sufren de erosión hídrica laminar o surquillos, de grado ligero.

Figura 12. Colinas con crestas planas conformadas por costras ferruginosas y, en el valle, llanuras de inundación. Vía Puerto Rico - Guanape. Estación YPS-039. N= 964020, E= 1060842, Cota= 178 m.s.n.m.

3.2.2.4 Sedimentos de costras de hierro (DCfe)

Los sedimentos de costras ferruginosas se distribuyen en forma irregular y exhiben espesores variables en las partes altas de las colinas y en las superficies de los suelos, donde están limitados por gravilla o fragmentos de grandes de costras ferruginosas que se encuentran cubriendo gran parte de la altillanuras.

Los materiales de costras férricas se presentan en formas de capas alteradas sobre los relieves planos, ondulados y disectados y generalmente, estas costras ferruginosas forman depósitos dispersos que se acumulan sobre superficies muy locales (
Figura **13**).

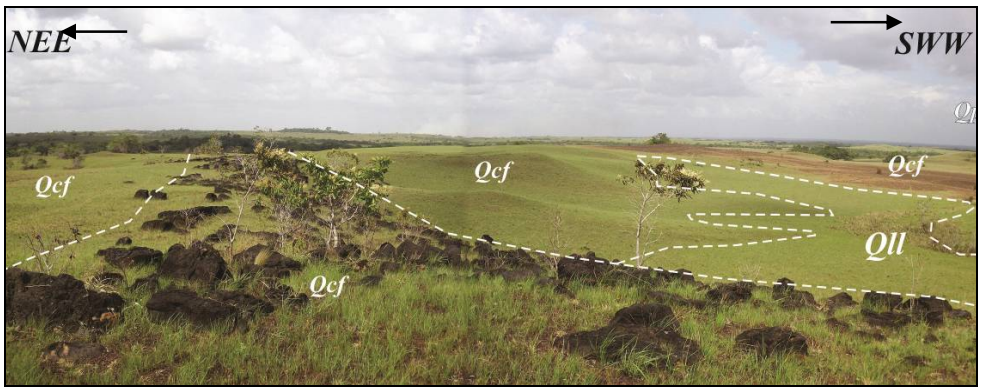

Figura 13. Panorámica de colinas alargadas de arenas de costras ferruginosas y los valles rellenos de material lodoso. Vía a San José de Ocuné. Estación (JRA-081), Coordenadas N= 973,427, E= 1,084,214, Cota= 328 m.s.n.m.

3.2.2.5 Altillanura en detritos continentales (DAc)

Las altillanuras de detritos continentales corresponden a las tierras altas formadas por sucesivos depósitos de materiales provenientes de la Cordillera Oriental y del Macizo Guyanés. Estas altillanuras han sido localizadas desde el río Tomo hasta los límites con los ríos Guaviare y Orinoco; y están conformadas por paisajes de colinas y pequeñas terrazas. Los ecosistemas representativos para la altillanura son las praderas naturales y, en algunos sectores, los matorrales; los bosques de galería, morichales, matas de monte, esteros y bosques inundables (Cortés, 1983). Estas altillanuras fueron interpretadas morfológicamente en el extremo suroriental de la Plancha 254 (San José de Ocuné).

3.2.3 Unidades geomorfológicas de origen eólico

Dentro de esta geoformas se encuentran los depósitos de origen eólico que han sido modeladas por el viento y representan el principal agente erosivos que predomina en el departamento del Vichada. Las geoformas que se han generado por la acción del viento han conformado bancos de arenas donde se evidencia la dirección dominante de los vientos alisios en época seca NE–SW (Cortés, 1983).

En toda la región del Vichada se presenta una erosión eólica muy extensa que ha dejado huellas sobre la roca, produciendo costras férricas, testigos alargados de bombardeo arenero y escarpes rocosos tapizados por cárcavas de esculpido eólico. Donde existieron obstáculos en la peniplanicie se depositaron arenas. Los espesores de los obstáculos son variables y alcanzan hasta 0.50 m en las zonas a sotavento (Cortés, 1983).

En el área de la Plancha 254, sobre la que la vía que va de Cumaribo a la Guajira, se observa que las acciones eólicas han modelado altillanuras y colinas en forma de dunas, las cuales se han formado como producto del transporte de los vientos.

3.2.4 Rasgos geomorfológicos

En la dinámica actual del área se presentan procesos morfodinámicos activos como: erosión laminar, cárcava, línea divisoria de agua y erosión en surcos. También actúan procesos acumulativos como depósitos eólicos cuaternarios (Figura 14).

Figura 14. Geomorfología de planicie eólica conformada por arenas de cuarzo. Estación IQA-085. Coordenadas N= 991.362, E= 1'086.600, Cota= 174 m.s.n.m.

La erosión laminar es un fenómeno que abarca la separación, el transporte y el depósito de los materiales que componen el suelo o roca por acción de la fuerza del agua en movimiento. Los elementos que actúan se denominan agentes erosivos, siendo los más importantes: el agua, el viento y la fuerza de gravedad (Cortés, 1983). Los procesos de erosión laminar se presentan cerca a

los caseríos de Miraflores y Ocuné cercanos al río Muco, donde se presentan geoforma de altillanura plana y es sobre ésta se destacan algunas divisorias de agua.

Las cárcavas son definidas como zanjas más o menos profundas originadas por socavamientos repetidos sobre el terreno, debido al flujo incontrolado del agua que escurre ladera abajo como agua de escorrentía (Cortés, 1983). Estas se presentan en las márgenes del río Vichada y también a lo largo de las "pistas de ganado" y bordes de caminos.

En algunas zonas de la Plancha 254, se presenta degradación persistente de los ecosistemas de las tierras secas, producida por las variaciones climáticas y la actividad del hombre, creando condiciones de periodos secos. En inmediaciones del Puerto de Chaqueaba sobre el río Vichada, se presentan procesos de socavamiento lateral.

4. GEOLOGÍA

El objetivo de este proyecto fue elaborar la cartografía geológica y la exploración geoquímica de la Plancha 254 (San José de Ocuné), ubicada en el departamento del Vichada. Así, mediante el levantamiento cartográfico a escala 1:25.000 y 1:50.000, de las unidades de rocas aflorantes, se obtuvo nueva información geológica de: estratigrafía, geología estructural, geoquímica y demás información. A la par del estudio y durante la campaña de campo, se tomaron diferentes tipos de muestras (roca, arenas y arcillolitas) con el objetivo de realizar análisis de petrografía, geoquímica y de palinología, y con estos datos se precisaron ciertas edades y los ambientes de depósito en cada una de las unidades cartografiadas.

En el área de la Plancha 254 (San José de Ocuné) afloran rocas sedimentarias de diferentes textura y composición, cuyo origen corresponde a depósitos sedimentarios de grandes extensiones del departamento de Vichada. Estos depósitos sedimentarios tienen rango de informales, sin embargo, algunas de estas unidades ya han sido establecidas formalmente como unidades en el área del Vichada por Ingeominas y por el Servicio Geológico Colombiano (Tabla 7).

La geología del Bloque 9 corresponde a una compleja interrelación de procesos erosivos, climáticos y sedimentarios de origen aluvio-fluvial. Varios de estos procesos fueron corroborados con datos bioestratigráficos, petrográficos y cartográficos. Los datos petrográficos -obtenidos del trabajo de campo-, corroboran la tesis de Hernández *et al.* (2009), en la que aseguran que esta región hace parte del área de influencia de una estructura de impacto meteórico ocurrida en la región.

Finalmente, con la información obtenida durante la campaña de campo por los geólogos de GEOREXP, y con base en los informes de cartografía geológica realizados en el área del Vichada por Ingeominas y por el Servicio Geológico Colombiano, se dio paso a la estandarización de las diferentes unidades geológicas cartografiadas en el área del Bloque 9 y de la Plancha 254, que dio como resultado el esquema cronoestratigráfico que se muestra en la Figura 15.

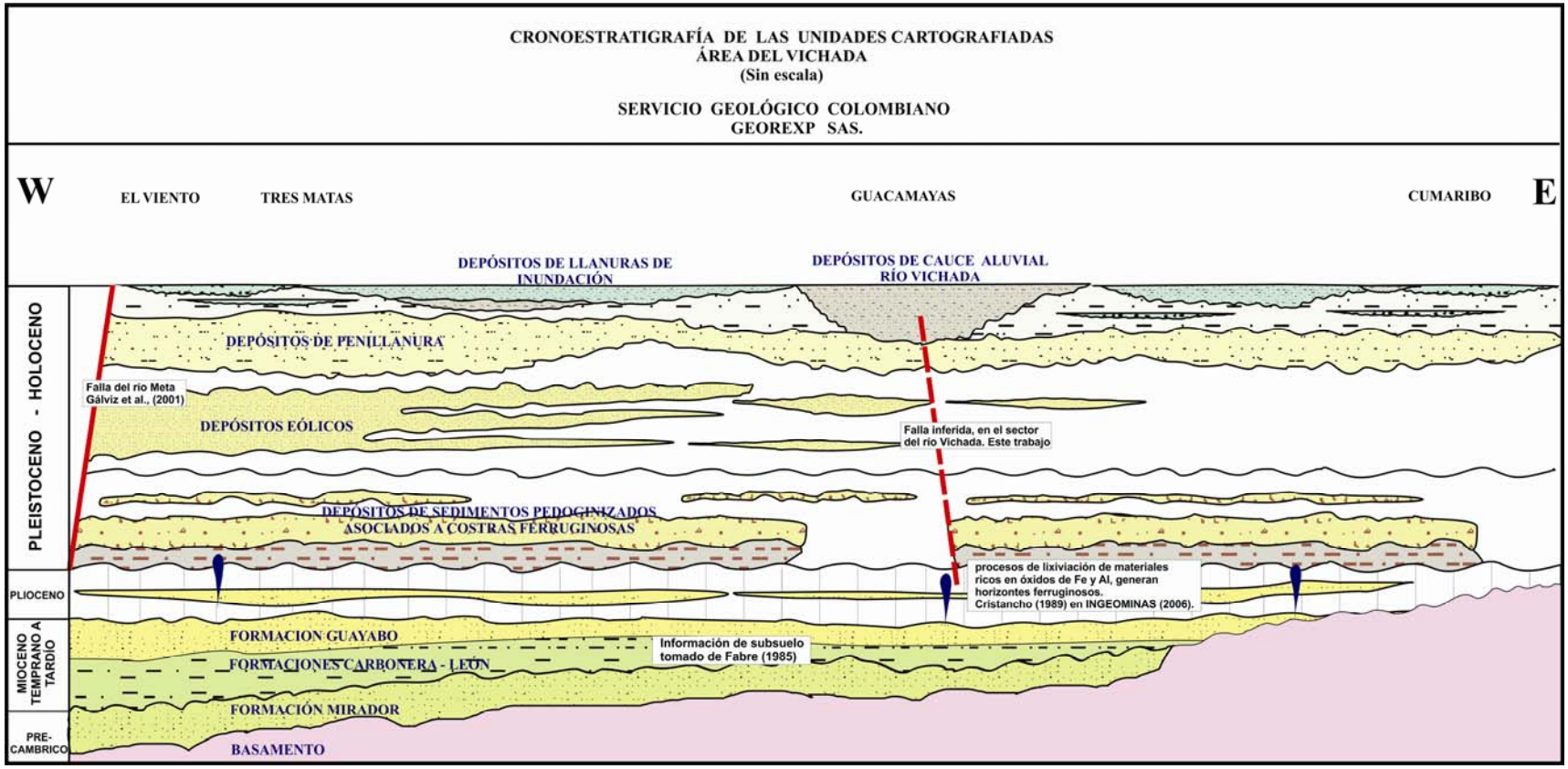

Figura 15. Cuadro esquemático cronoestratigráfico para las unidades cuaternarias identificadas en el Bloque 9, Plancha 254 (San José de Ocuné). La parte basal (subsuelo) hasta el Mioceno, fue tomada y modificada de Fabre (1985).

Tabla 7. Unidades litoestratigráficas informales del proyecto de Cartografía geológica del Bloque 9, Departamento del Vichada.

<table>
<tr><th colspan="6">CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA DE LA PLANCHA 254 - SAN JOSÉ DE OCUNÉ
BLOQUE 9. DEPARTAMENTO DEL VICHADA.
CUADRO DE CORRELACIÓN DE UNIDADES</th></tr>
<tr><td colspan="3">Tomado de la Carta Cronoestratigráfica Internacional 2010.</td><td colspan="3" rowspan="2">UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS</td></tr>
<tr><td rowspan="3">EDAD</td><td rowspan="3">PERÍODO</td><td rowspan="3">ÉPOCA</td></tr>
<tr><td colspan="3">Depósitos Recientes</td></tr>
<tr><td colspan="2">Aluviales</td><td>Eólicos</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Cenozoico</td><td rowspan="3">Cuaternario (Q)</td><td>Holoceno</td><td>Depósitos de Cauce Aluvial (Qac)</td><td>Depósitos de Llanura de Inundación (Qll)</td><td>Depósitos Eólicos (Qe)</td><td>Depósitos de Penillanura Eólica (Qpe)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Pleistoceno (Superior)</td><td colspan="4" rowspan="2">Sedimentos Pedogenizados Asociados a Costras Ferruginosas (Qcf)</td></tr>
</table>

4.1 CENOZOICO

Los sedimentos del Cuaternario cubren casi toda la Cuenca de los Llanos y por ende a los depósitos cenozoicos. Conjuntamente la condición tectónica, reportada por Bayona *et al* (2008), sugiere que el pulso más fuerte de deformación ocurrido en la Cordillera Oriental fue durante el periodo Mioceno - Plioceno, lo que permitió el establecimiento de los depósitos sedimentarios recientes de origen aluviales a fluviales en toda la cuenca de los Llanos.

4.1.1 Neógeno

De acuerdo con la interpretación sísmica se insinúan que ciertos niveles de sedimentos indiferenciados del Neógeno superior del (Bloque 9), pueden presentar cierto estructuramiento. Esto se evidencia por la presencia de un sistemas general de fallamiento de dirección suroeste – noreste, que producen cierto grado de escalonamiento en algunos sectores del área de estudio.

4.1.2 Cuaternario

En el área de estudio, los depósitos sedimentarios del Cuaternario, están representados por diversos tipos de depósitos recientes, los cuales se extienden de manera irregular e inconformes en toda el área. La posición cartográfica fue establecida de acuerdo a las características litológicas y ambientales más que a la posición estructural, las cuales fueron difíciles de precisar en esta área por el tipo de relieve; sin embargo, algunas fueron inferidas como lineamientos y sistemas de fallas con ayuda de la información sísmica.

5. ESTRATIGRAFÍA

La estratigrafía del Bloque 9, departamento del Vichada, Plancha 254 (San José de Ocuné), fue definida y separada en cinco unidades geológicas. Para la definición y descripción de dichas unidades geológicas se tomaron nombres informales, usados por INGEOMINAS y por el grupo de geología básica del Servicio Geológico Colombiano, en proyectos anteriores de cartografía del Vichada. Las unidades cartografiadas en esta zona están compuestas por la siguiente litología:

- Sedimentos con variaciones texturales clasificados desde arcillas, limos, arenas, hasta conglomerados de tamaño guijarros.
- Sedimentos con variaciones composicionales, clasificados desde cuarzoarenitas, litoarenitas ferruginosas y subarcosas.

Durante este proyecto de geología realizado sobre la Plancha 254 (Anexos A1 y A2),, se tomaron 188 estaciones geológicas y se colectaron 64 muestras, las cuales fueron seleccionadas para análisis de: petrografía, palinología, geoquímica . Para la clasificación composicional de areniscas, se utilizó a Folk (1974), Figura 16

.

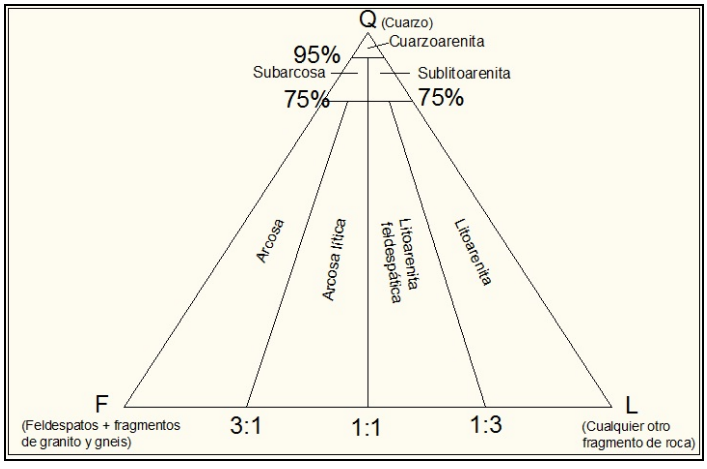

Figura 16. Triángulo de clasificación composicional para areniscas de Folk (1974).

Para complementar el capítulo de estratigrafía, se reseñaron de las estaciones de campo aquellos segmentos litológicos que alcanzaron espesores mayores al metro y que mostraran estructuras sedimentológicas de interés, esto con el fin de caracterizar a la unidad, para lo cual se obtuvo 9 segmentos de columnas estratigráficas (Tabla 8), correspondientes a las unidades cartografiadas en esta plancha, cuyas edades representan: Pleistoceno superior al Holoceno (Anexo D) y la representación gráfica de estos segmentos se muestran en la (Tabla 8).

Tabla 8. Columnas estratigráficas levantadas en la Plancha 254.

LEVANTAMIENTO DE COLUMNAS ESTRATIGRÁFICAS			
N.° Plancha	**N.° Estación**	**Unidad Estratigráfica**	**Espesor (m)**
254	MV-014	Qcf	2
254	MV-015	Qll	8
254	MB-073	Qac	3
254	MB-069	Qll	7
254	MB-016	Qll/Qac	3
254	CAG-078	Qe	3
254	Y¨PS-033	Qcf	6
254	IQA-084	Qpe	3
254	JRA-064	Qcf	3

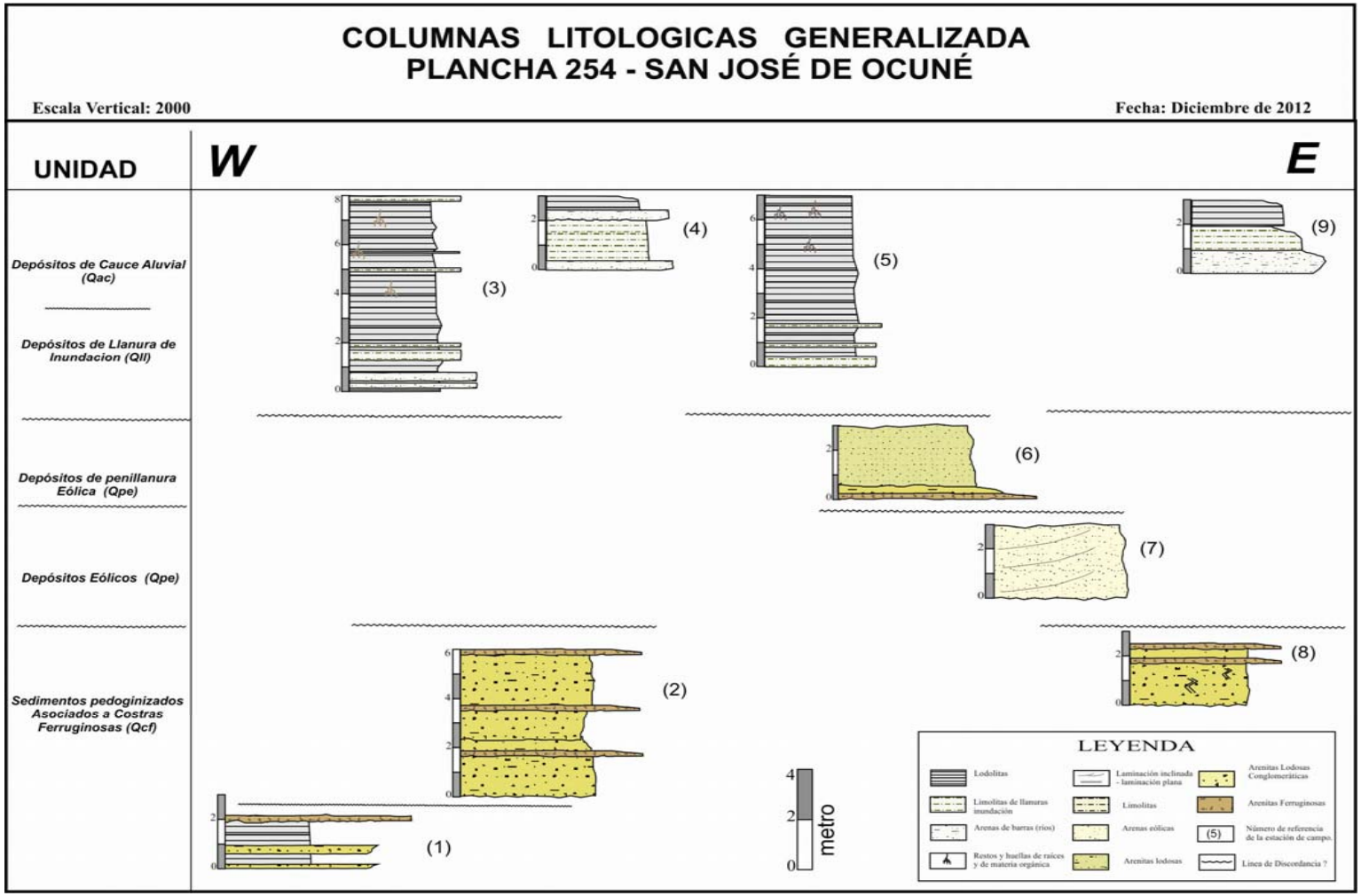

Figura 17. Columnas litológicas generalizadas de la Plancha 254 (San José de ocuné). Los números corresponden a las estaciones de campo de: (1) HM-033, (2) HM-021, (3) YPS-024, (4) EG-125/217, (5) EG-056, (6) YPS- 012, (7) JRA-01 y (8) JRA-034.

5.1 CUATERNARIO: PLEISTOCENO SUPERIOR

El Cuaternario está representado por diversos depósitos sedimentarios, los cuales fueron agrupados dentro del área de estudio según su origen y localización. Generalmente, estos depósitos representan unidades de origen fluvial y aluvial, y han sido retrabajados -en muchos casos- por eventos sedimentarios como son transporte, erosión, compactación y diagénesis.

El Pleistoceno Superior está representado por la unidad denominada "Sedimentos pedogenizados asociados a costras ferruginosas (Qcf)", cuya base parece representar la parte más inferior del Pleistoceno. Esta unidad se encuentra localizada en las inmediaciones del caño Dume y está conformada por niveles de arenas, correlacionables con la Formación Corneta de Mora *et al.* (2010) y con la Formación Necesidad de Schubert (1997).

5.1.1 Unidad de sedimentos asociados a costras ferruginosas (Qcf)

Esta unidad ha sido propuesta por INGEOMINAS (2006 y 2010), como unidad de Corazas ferruginosas. Dentro del área de estudio, este depósito se extiende sobre la superficie en forma constante a irregular y en el que la geometría de los estratos son planos con formas lenticulares, canaliformes a discontinuos (Anexo B1 y Figura 17).

Localización

Las rocas de esta unidad se encuentran aflorando en gran parte de la Plancha 254, en especial hacia áreas de los ríos Muco y Vichada, y en los alrededores de los caños Beberi y Guacamayas (
Figura **18**).

Figura 18. Vía Guacamayas-Cumaribo. Morfología de los depósitos de Qcf en cercanías el río Vichada. Foto tomada en el sector de Guacamayas. Coordenadas N: 974229 E: 1084526

Descripción

Generalmente esta unidad se encuentra conformada por capas muy gruesas areno-arcillosas, ferruginosas de cuarzo y líticos, con abundante contenido de óxidos de Fe, Mg y Al. Estas rocas han sido formadas como producto de diferentes procesos de meteorización física (fragmentación) y química (disolución), lo que ocasiona la disgregación de las rocas y la formación –nuevamente- de coluviones.

En esta plancha, la unidad Qcf presenta hacia la base depósitos de arenitas semiconsolidadas de tamaño fino a medio a muy grueso, con gránulos flotantes de color amarillo pálido; también se observan algunas madrigueras y raíces. Además, se intercalan capas delgadas de arcillas y limos de tonalidades amarillas. Suprayaciendo se encuentran niveles de las arenitas de las costras ferruginosas que se exponen sobre las superficies de las colinas, las cuales presentan espesores que van desde unos pocos centímetros hasta un metro (Figura 19).

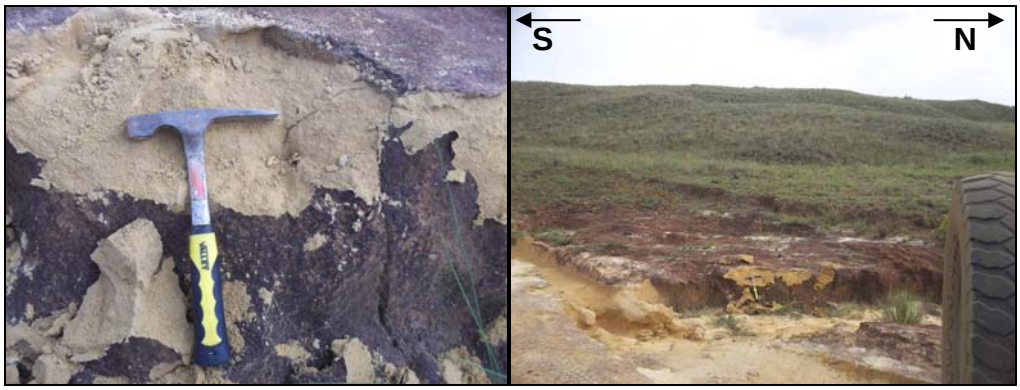

Figura 19. La imagen de la izquierda muestra arenas semifriables por debajo del nivel de arenas de costras como se ven en la imagen de la derecha. Estación JRA -064, Vereda Guacamayas. N= 979.802, E=1´115.650, Cota= 303 m.s.n.m.

En otros sitios, como en San José de Ocuné, Guacamayas y El Placer, se observan grandes bloques de arenitas ferruginosas de tamaño fino a grueso, mal seleccionado, con cementos ferruginosos y, en otros casos, estos sedimentos forman gravillas arriñonadas que tapizan el depósito o el suelo (Figura 20).

Figura 20. Detalle de bloques de arenisca conglomeráticas con cemento ferruginoso, presenta guijarros de cuarzo y lodolitas alteradas. Vía a San José de Ocuné. Estación JRA-077. N= 979,205, E= 1,095,193, Cota= 299 m.s.n.m.

Morfológicamente, esta unidad está formando colinas de mediana altura, alargadas, con estratos inclinados y con grandes bloques de arenitas ferruginosas, y -hacia los valles- se encuentran sedimentos no consolidados de lodo arenoso (
Figura **21**).

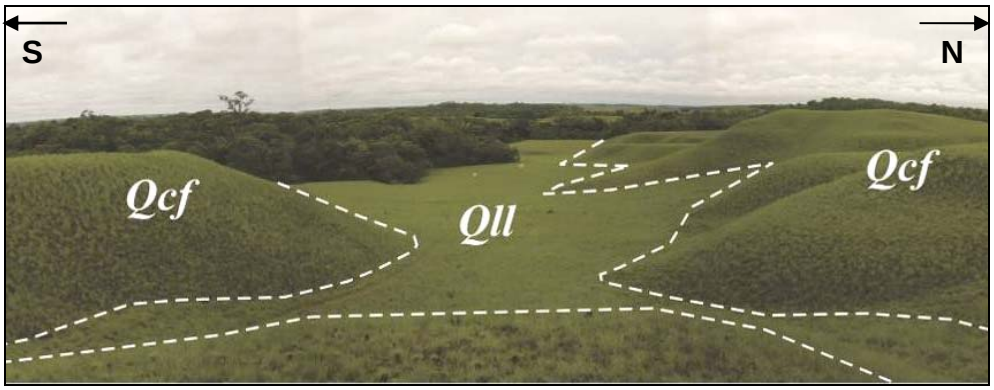

Figura 21. Panorámica de colinas de 10 m de costras ferruginosas. En el valle, se observa material no consolidado lodo arenoso (Qll). Estación YPS-063. Vía Cumaribo - Caño Guacamayas. N= 985993, E= 1118836, Cota= 315 m.s.n.m.

Para la Unidad Qcf se colectaron en total 24 muestras (Tabla 9), con el objetivo de caracterizar sedimentológica y geoquímicamente a la unidad.

Tabla 9. Muestras colectadas para la Unidad Qcf.

Estación	Plancha	Coordenadas		Altura (m)	Localización	Muestra	
		N	E			No Estación	IGM
CAG-063	254-I	991289	1086910	169	Vía La 14 -Tres Matas, sector Arizona	CAG-063-P	5,004,648
CAG-094	254-III	967,326	1,065,160	155	Vía Chaparral-Guanape	CAG-094-G	5,004,649
IQA-082	254-I	987148	1089040	155	Vía La 14-caño Guacamayas	IQA-082-P	5,004,076
Estación	**Plancha**	**Coordenadas**		**Altura (m)**	**Localización**	**Muestra**	
		N	**E**			**No Estación**	**IGM**
IQA-087	254-I	991,735	1,078,182	179	Vía La 14-Tres Matas	IQA-087-P	5,004,657
JRA-062	254-IV	979,078	1,117,940	293	Vereda Guacamayas	JRA-062-P1, JRA-062-P2	5,004,630 5,004,124
JRA-063	254-IV	979,769	1,115,955	307	Vereda Guacamayas	JRA-063P	5,004,631
JRA-075	254-II	984,593	1,097,223	338	Vía a San José de Ocuné	JRA-075-P	5,004,633
JRA-077	254-IV	979,205	1,095,193	299	Vía a San José de Ocuné	JRA-077-P	5,004,634
JRA-078	254-IV	977,347	1,099,013	308	Vereda Guacamayas	JRA-078-P	5,004,127
JRA-079	254-IV	977,854	1,093,840	314	Vía a San José de Ocuné	JRA-079-P	5,004,635
JRA-081	254-III	973,427	1,084,214	328	Vía a San José de Ocuné	JRA-081-P	5,004,636
JRA-084	254-III	968,217	1,079,845	315	Vía a San José de Ocuné	JRA-084-P	5,004,637
MB-018	254-IV	973,233	1,107,288	156	En la vía de acceso a Puerto Guatatupare.	MB-018-P	5,004,652
MV-035	254-IV	964,050	1,111,220	179	Vía Norte al Caño Guarrojo	MV-035	5,004,667
OM-002	254-II	981,920	1,096,116	140		OM-002-P	5004662
OM-003	254-II	988,177	1,107,556	187		OM-003P1 OM-003P2 OM-003P3	5004663 5004664 5004665
OM-004	254-II	989,596	1,111,002	180		OM-004-P OM-004-Gran	5,004,132 5,004,666
YPS-081	254-I	996769	1065392	302	Vía hacia caño Samarro	YPS-081-P YPS-081-Macro	5,004,134 5,004,651

Dentro de los análisis de las muestras colectadas, se realizaron diferentes estudios petrográficos y geoquímicos, entre los cuales tenemos:

Análisis con lupa binocular: Estudio realizado con cinco (5) muestras (Tabla 10), lo que permitió detallar la textura, composición y porcentajes de minerales; para esta clasificación de rocas se usó a Folk (1974) y en la Figura **22** se observan la clasificación grafica de dichas muestras.

Tabla 10. Muestras analizadas con lupa binocular.

Muestra	IGM	Composición			Clasificación Composicional Folk (1974)	Plancha
		Cuarzo	Feldespatos	Líticos		
MB-018	5,004,652	95	0	1	Cuarzoarenita	254
JRA-084	5,004,637	87	0	10	Sublitoarenita	
JRA-075P	5,004,633	90	0	10	Sublitoarenita	
IQA-087P	5,004,657	88	0	10	Sublitoarenita	
YPS-081	5,004,651	90	0	3	Arena Cuarzosa	

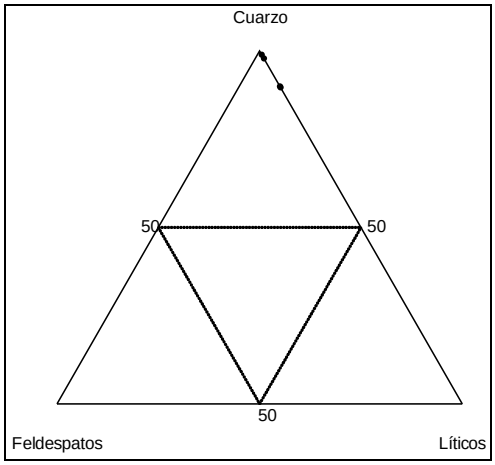

Figura 22. Triángulo de clasificación de Folk (1974), donde las muestras analizadas de la Unidad Qcf, se ubican dentro del campo de las cuarzoarenitas, sublitoarenitas y el de las arcosas.

Análisis Petrográfico: Este estudio fue realizado a dos (2) muestras (Tabla 11), que se describen brevemente en esta sección.

Tabla 11. Muestras analizadas petrográficamente para la Unidad Qcf.

Muestra	Plancha	Coordenadas		IGM
		N	E	
JRA-079	254-IV	977,854	1,093,840	5,004,635
OM-003P3	254-II	988,177	1,107,556	5,004,665

A continuación se presenta el resultado del análisis petrográfico microscópico de las muestras seleccionadas:

Muestra JRA-079, IGM 5,004,635.

Cuarzoarenita ferruginosa de grano medio

Roca clasto soportada con esqueleto super maduro a base únicamente de granos subredondeados de cuarzo -muchos de ellos fracturados- donde los granos muestran alta selección con un promedio de grano arena media (0.34mm), en contactos flotantes y cementados por hematita. Este cementante ha sufrido una intensa disolución generando altísima porosidad secundaria y dejando una pátina de hematita alrededor de cada grano (
Figura **23**).

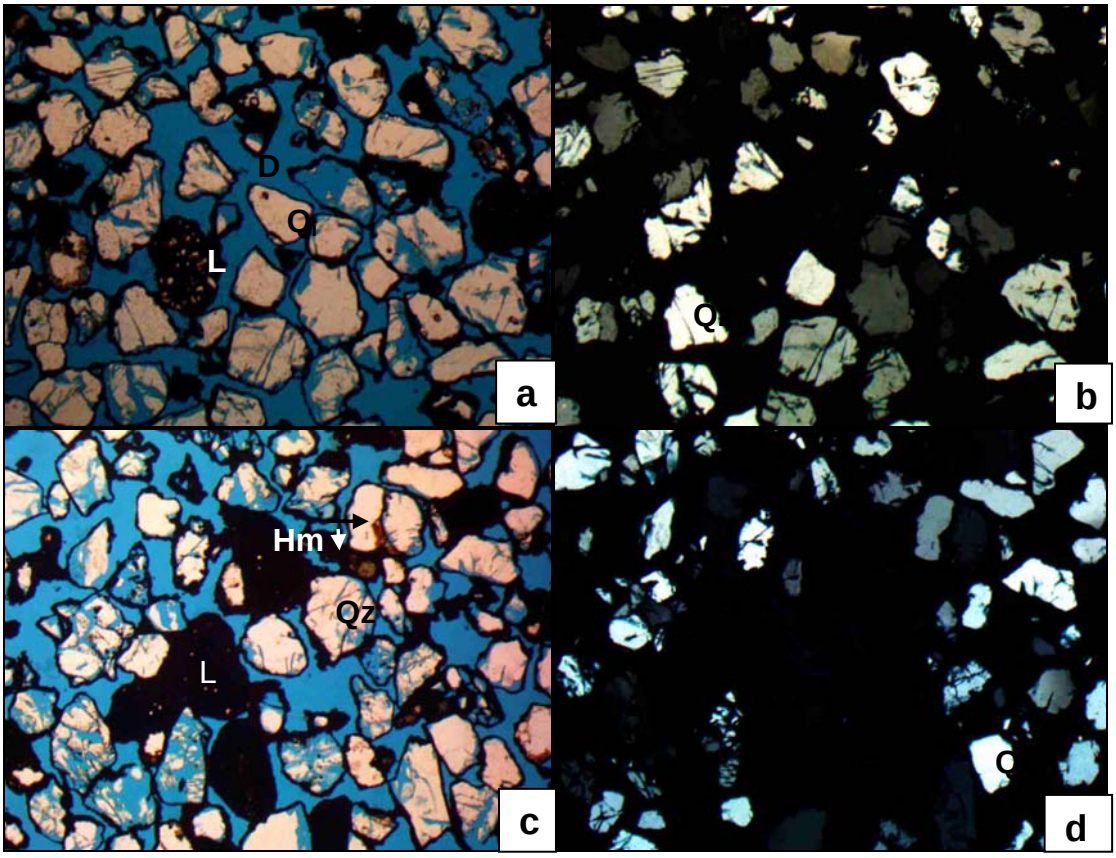

Figura 23. Muestra JRA 079, aumento 4X. **a.** Nicoles paralelos. Se observa alto porcentaje de porosidad por disolución (D), los clastos son principalmente de cuarzo (Qz), algunos con alto fracturamiento y escasos fragmentos líticos sedimentarios que corresponden a Limolitas ferruginosas (L)**. b**. Nicoles cruzados. Se observan clastos de cuarzo monocristalino (Qz), algunos de ellos muy fracturados. **c**. Nicoles paralelos. Se observan patinas de hematita recubriendo algunos clastos de cuarzo. **d.** Nicoles cruzados. Se observan cuarzos monocristalinos, algunos fracturados.

Muestra OM-003P3, IGM 5,004,665
Litoarenita ferruginosa de grano medio

Roca compuesta principalmente por un esqueleto maduro, a base de granos de cuarzo y menor proporción de fragmentos líticos, principalmente cuarzoarenitas ferruginosas de grano fino, limolitas silíceas ferruginosas, cuarcitas y cuarzo de veta. Algunos fragmentos líticos se presentan internamente cementados por óxido de manganeso. La selección es pobre con granos entre limo y gránulos. Arena de grano medio es el tamaño predominante de los constituyentes (Figura **24**).

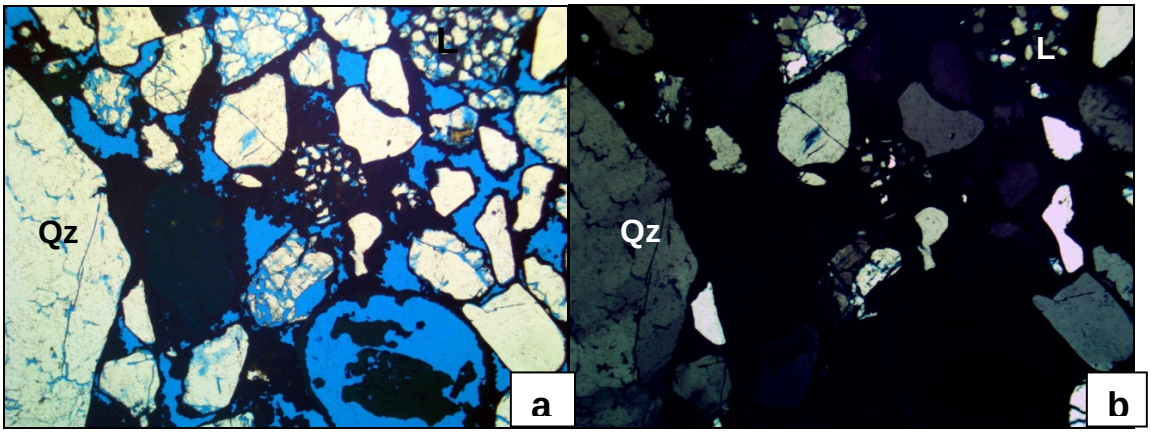

Figura 24. **a.** Nicoles paralelos. Se observa la porosidad en azul por disolución principalmente. Fragmentos líticos como Limolitas (L) y cuarzos (Qz). **b.** Nicoles cruzados. Se observan cuarzos monocristalinos y fragmentos de Limolitas (L). Aumento de 4X.

Contactos
En el área de la Plancha 254, el contacto inferior de esta unidad con las unidades infrayacentes es indeterminado y, el contacto con las unidades suprayacentes “Qe y Qpe” es erosivo, en ocasiones transicional. Estos contactos fueron determinados a través de trabajo de campo y de fotointerpretación.

Extensión
La Unidad Qcf presenta una extensión aproximada de 800 km^2, con un espesor variable. Hacia los caños Beberí, Guacamayas y los ríos Muco y Vichada el espesor puede ser de unos metros 10 m.?.

Correlación

Para hacer la correlación, se ha utilizado información de la geología de Venezuela, en la cual se ha encontrado que la Formación La Mesa (Baamonde, 1997) puede corresponder tanto estratigráficamente como cronológicamente con la Unidad Qcf?. También se puede correlacionar parcialmente con la Formación Necesidad (Venezuela), en el sentido de Schubert (1997). En Colombia es correlacionable con la Formación Corneta (en el sentido de Mora *et al.*, 2010).

Edad
La edad de esta unidad está determinada para este estudio de Pleistoceno superior – Holoceno, por posición estratigráfica y por correlación con la Formación La Mesa.

Interpretación
Los depósitos basales de esta unidad, corresponden a depósitos de llanura de inundación aluvial que han estado sometidos a largos periodos de exposición subaérea y a procesos de oxidación con el posterior desarrollo de paleosuelos con formación de estructuras pedogénicas.

Algunos sedimentos de esta unidad representan depósitos marginales del canal o de desborde de canal ("*crevasse splay* y *crevasse channel*"). Otros niveles de esta unidad (parte superior), corresponden a depósitos de rellenos activos de canales meandriformes, incluyendo depósitos de barras puntuales o de meandro. La ocurrencia de intraclastos de óxidos de Fe (hematita) en estos depósitos de canal, refleja erosión de los depósitos de la margen del río.

La morfología de esta unidad (colinas con cimas alargadas y redondeadas y valles en forma de U) indican que corresponden a depósitos antiguos de llanura de inundación pedogenizada, exhumados y expuestos ahora a la erosión.

5.2 CUATERNARIO: HOLOCENO

Dentro de este periodo de tiempo se tiene que los depósitos son principalmente arenosos, areno-lodosos y algunas veces arcillosos. Generalmente son de composición de cuarzo y líticos, con escasa matriz limo-arcillosa. Dentro de estas unidades tenemos; Depósitos eólicos (Qe) y depósitos de penillanura eólica (Qpe) y entre los depósitos aluviales que ha originado el río Vichada, se encuentran los depósitos de Cauce aluvial (Qac) y los depósitos de llanuras de inundación (Qll).

5.2.1 Depósitos eólicos (Qe)

Esta unidad ha sido mencionada por INGEOMINAS (2006 y 2010), como depósitos no consolidados de arenas amarillas, de cuarzo de grano fino a

medio, bien seleccionadas y de granos subredondeados a redondeados. Unidad que dentro del área de estudio presenta similares características a las descritas, pero su distribución es muy limitada en el que la geometría de las arenas al parecer son formas dunares o de lentes inconsolidados (Anexo B1 y Figura 17).

Localización

Estos depósitos se encuentran cubriendo pequeños sectores de la Plancha 254. Las mejores exposiciones se encuentran hacia las regiones del norte como la Guajira, Santa Marta y la Chichorronera, o al oeste del municipio de Cumaribo, en el sector del Retén Militar La 14.

Descripción

Esta unidad se encuentra compuesta por arenas cuarzosas friables, con tamaño de grano de fino a medio, subredondeados a redondeados de alta esfericidad, con selección moderada a buena. Su composición es de cuarzo al 97% y fragmentos líticos al 3%. El color predominante de las arenas es blanco a amarillo pálido, con variaciones a rojo claro en las partes que presenta ferruginización. Los espesores que presenta esta unidad son variables y de pocos metros (
Figura 25).

Figura 25. Afloramiento de arenas de cuarzo, grano medio, subredondeadas, buena selección. Estación CAG-078, coordenadas N= 998.047 E=1.102.257.

En el área de la Plancha 254, la unidad arenas eólicas se encuentra cubiertas y mezcladas con sedimentos de penillanuras, lo que hace difícil su reconocimiento en campo, y donde las expresiones morfológicas corresponden

a montículos muy pequeños y a regiones de sabanas localizadas hacia el nor-occidente de la plancha (
Figura 26).

Figura 26. Geomorfología de peniplanicie eólica conformada por arenas de cuarzo de color marrón de grano fino, altamente esféricos. Estación IQA-060. N= 988.022, E=1'099.526, Cota= 182 m.s.n.m.

Contactos
El contacto de la unidad Qe con la unidad infrayacente Qcf es indeterminado, mientras que con las unidades de penillanura Qpe, al parecer, de tipo transicional a paraconforme.

Extensión
Esta unidad se encuentra en sectores del norte de la Plancha 254, y principalmente se observa en la vía que va desde La 14 al Placer, donde el espesor estimado es de 1.2 m. y alcanza una extensión de 40 km^2.

Correlación
Esta unidad es correlacionable con los depósitos de arenas de origen eólico, descritos en el Proyecto del Oriente Colombiano y del Vichada por INGEOMINAS (2006 y 2010). Además, citan que estas arenas presentan grandes extensiones en la parte norte de la Orinoquía colombiana como también en las llanuras de Venezuela.

Edad
La edad de esta unidad se ha determinado por posición estratigráfica, como Pleistoceno-Holoceno (INGEOMINAS & IDEAM, 2010).

Interpretación

En el área de estudio, las condiciones meteorológicas y geológicas han condicionado que los depósitos eólicos (Qe) no tengan exposición ni preservación. Sin embargo, en ciertos sectores se notan formas dunares, pequeños mantos con forma alargada e inconsolidados, y también grandes extensiones de sabanas de arenas, producto de los vientos. Muchas de estas geoformas han sido fosilizadas por procesos de sedimentación y ferruginización, o han sido cubiertos por vegetación.

5.2.2 Depósitos de penillanura eólica (Qpe)

INGEOMINAS (2010), en desarrollo de los proyectos geológicos del Vichada, ha definido que los depósitos no consolidados de arenas de cuarzo con matriz de lodo, sean nombrados como “Depósitos de penillanura eólicos (Qp y Qpe)”. Definición que se adapta para el conjunto de sedimentos que afloran a lo largo de las extensas de sabanas en el área, los cuales están compuestos de bancos inconsolidados de arenas de cuarzo -de grano fino a medio- de color amarillo a marrón, con líticos y matriz de lodo del 3 al 6%; generalmente se hallan con restos de suelos.

Localización

Los depósitos pertenecientes a esta unidad, se encuentran aflorando hacia las regiones del nor-oeste de la Plancha 254, donde se extiende sobre las grandes sabanas. Se puede observar claramente en la vía que conduce de Cumaribo a Tres Matas.

Descripción

Generalmente esta unidad está conformanda por depósitos inconsolidados de arenas de cuarzo y de líticos, con matriz limo-arcillosa, óxidos de hierro y materia orgánica y, ocasionalmente, huellas de bioturbación.

En la
Figura 27, se evidencia que en la base de estos depósitos se presentan hacia la base capas horizontales de cuarzoarenitas de tamaño muy fino a medio, con matriz limo arcillosa de color blanco a rojiza, con granos subangulares a subredondeados de selección moderada; además, se presentan accesorios como: fragmentos líticos, intraclastos de lodo y óxidos de hierro como la hematita, lo cual se puede observar en varios sectores de la Plancha 254.

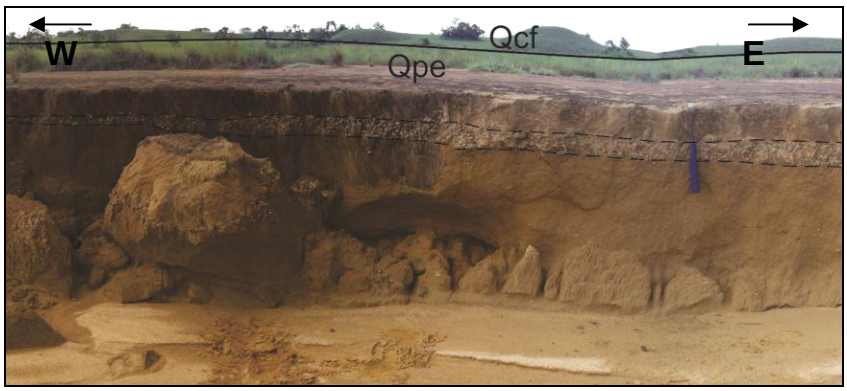

Figura 27. Afloramiento de la Unidad Qpe, hacia la base capas gruesa a media de arenas de cuarzo, de grano fino subredondeados con matriz arcillosa de 1 a 5%. Hacia la parte media niveles de conglomerados y al tope arenas de cuarzo y costras ferruginosas. Estación IQA-084. N= 990.834, E= 1'089.828, Cota= 175 m.s.n.m.

Hacia la parte superior de estos depósitos, se encuentran generalmente arenas que son el tope de la unidad (
Figura 27) y, a su vez, están conformadas por arenas de cuarzo de grano fino, con matriz arcillosa del 1 al 3%, son friables y presentan baja proporción de fragmentos líticos y óxidos de hierro, la cual se encuentra en combinación con materia orgánica de color marrón proveniente de los suelos como se muestra en la
Figura 28.

Figura 28. Zona de planicie areno-lodosa de la unidad (Qpe). Vía de San José de Ocuné a Tres Matas. JRA-085. N= 976,588, E= 1,074,559, Cota= 339 m.s.n.m.

En superficie, esta unidad exhibe una topografía plana a levemente ondulada con pendientes entre del 1 al 3 % aproximadamente (
Figura 29).

Figura 29. Panorámica donde se observa planicies arenosas de la unidad (Qpe), Vía hacia Caño Samarro. YPS-081. N= 996769, E= 1065392, Cota= 302 m.s.n.m.

En esta unidad se colectaron 41 muestras de sedimentos (Tabla 12), con el objetivo de caracterizarla sedimentológica y geoquímicamente a la unidad.

Tabla 12. Muestras colectadas para la Unidad Qpe.

Estación	Plancha	Coordenadas		Altura (m)	Localización	Muestra	IGM
		N	E				
CAG-028	254-II	991,120	1,100,142	181	Cabecera caño Malicia	CAG-028-P	5,004,638
CAG-030	254-II	989,658	1,103,191	184	Finca Bairut	CAG 030	5,004,639
CAG-040	254-II	994,741	1,118,689	169	Vía Cumaribo-La 14, sector Chicharronera	CAG 040	5,004,640
CAG-043	254-II	992,358	1,114,194	175	Vía Cumaribo-La 14, sector Chicharronera	CAG-043	5,004,110
CAG-044	254-II	992,763	1,112,479	178	A 6km Chiguagua	CAG-044-P	5,004,641
CAG-045	254-II	993,740	1,110,061	178	Vía Cumaribo-La 14, sector Chicharronera	CAG-045-P	5,004,642
CAG-046	254-II	993,536	1,109,343	182	Vía Cumaribo-La 14, sector Chicharronera	CAG-046-P	5,004,643
CAG-048	254-II	993,774	1,105,074	185	Vía Cumaribo-La 14	CAG-048	5,004,644

CAG-049	254-II	993,210	1,102,594	187	Vía Cumaribo-La 14	CAG-049	5,004,645
CAG-050	254-II	992,401	1,101,377	186	Vía Cumaribo-La 14, sector La Y	CAG-050	5,004,646
CAG-061	254-II	990,601	1,091,167	181	Vía La 14 -Tres Matas, sector Dios Verá	CAG-061-P	5,004,647
IQA-060	254-II	988,022	1,099,526	182	Vía Cumaribo-La 14	IQA-060-P	5,004,111
IQA-061	254-II	987,939	1,100,953	181	Vía Cumaribo-La 14	IQA-061-P IQA-061-Macro	5,004,112 5,004,653
IQA-062	254-II	989,341	1,104,946	181	Vía Cumaribo-La 14	IQA-062-P	5,004,113
IQA-063	254-II	988,215	1,107,637	180	Vía Cumaribo-La 14	IQA-063-P IQA-063-Gran	5,004,114 5,004,654
IQA-065	254-II	990,606	1,112,596	177	Vía Cumaribo-La 14	IQA-065-P	5,004,115
IQA-066	254-II	990,143	1,114,682	177	Vía Cumaribo-La 14	IQA-066-P	5,004,116
IQA-067	254-II	988,696	1,119,744	182	Vía Cumaribo-La 14	IQA-067-P	5,004,117
IQA-081	254-II	988,586	1,090,218	174	Vía La 14-caño Guacamayas	IQA-081-P IQA-081-Gran	5,004,118 5,004,655
IQA-084	254-I	990,834	1,089,828	175	Vía La 14-Tres Matas	IQA-084-P1 IQA-084-P2	5,004,119 5,004,656
IQA-085	254-I	991,362	1,086,600	174	Vía La 14-Tres Matas	IQA-085-P	5,004,060
Estación	**Plancha**	**Coordenadas**		**Altura (m)**	**Localización**	**Muestra**	**IGM**
		N	E				
IQA-088	254-I	993,836	1,078,432	185	Vía La 14-Tres Matas	IQA-088-P	5,004,120
IQA-089	254-I	994,598	1,080,390	173	Vía La 14-Tres Matas	IQA-089 IQA-089-P	5,004,121 5,004,658
IQA-090	254-I	991,245	1,072,398	186	Vía La 14-Tres Matas	IQA-090-P	5,004,122
IQA-091	254-I	989,141	1,065,923	184	Vía La 14-Tres Matas	IQA-091-P IQA-091-P IQA-091-P	5,004,123 5,004,659 5,004,660
JRA-064	254-IV	979,802	1,115,565	303	Vereda Guacamayas	JRA-064P	5,004,125
JRA-067	254-IV	978,393	1,110,384	323	Vereda Guacamayas	JRA-067P JRA-067 Macro	5,004,126 5,004,632
JRA-080	254-III	975,127	1,089,496	314	Vía a San José de Ocuné	JRA-080-P	5,004,128
JRA-082	254-III	972,885	1,080,064	333	Vía a San José de Ocuné	JRA-082-P	5,004,129
JRA-085	254-III	976,588	1,074,559	339	Vía de San José de	JRA-085-P	5,004,130

					Ocuné a Tres Matas		
JRA-086	254-I	981,460	1,060,516	354	Vía de San José de Ocuné a Tres Matas	JRA-086-P	5,004,131
YPS-065	254-II	987,752	1,117,439	329	Vía Cumaribo - caño Guacamayas	YPS-065-P YPS-065-Macro	5,004,133 5,004,650

Dentro de los análisis de las muestras colectadas, mencionadas anteriormente, se realizaron estudios petrográficos y geoquímicos, entre los cuales tenemos:

Análisis con lupa binocular: Este estudio fue realizado a 7 muestras (Tabla 13), lo que permitió detallar textura, composición y porcentajes de minerales. Para esta clasificación de rocas se usó Folk (1974) y en la Figura **30**, se observan la clasificación de dichas muestras.

Tabla 13. Muestras de la Unidad Qpe, analizadas con lupa binocular.

Muestra	IGM	Composición			Clasificación Composicional Folk (1974)	Plancha
		Cuarzo	Feldespatos	Líticos		
CAG-048	5,004,644	95	0	5	Arena Cuarzosa	254
CAG-061	5,004,647	95	0	3	Arena Cuarzosa	
IQA-061P	5,004,112	95	0	3	Arena Cuarzosa	
IQA-089	5,004,658	95	0	5	Arena Cuarzosa	
IQA-091	5,004,659	90	0	5	Arena Sublítica	
JRA-067	5,004,632	90	0	2	Arena Cuarzosa	
YPS-065	5,004,650	92	0	5	Arena Sublítica	

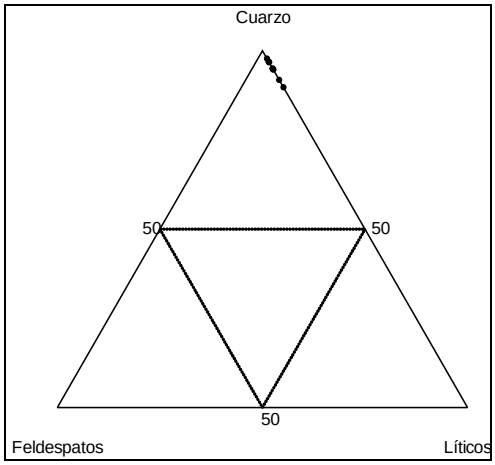

Figura 30. Triángulo de clasificación de Folk (1974), en el cual las muestras analizadas se ubican en el campo de las cuarzoarenitas, sublitoarenitas y litoarenitas

Contactos

En el área de la Plancha 254, los Depósitos de penillanura eólica (Qpe) presentan un contacto de neto a transicional con la unidad infrayacente Qcf y, con las unidades suprayacentes -depósitos aluviales Qal y Qll- el contacto es transicional.

Extensión

Los depósitos de esta unidad se ubican principalmente en el norte de la Plancha 254, abarcando un área cercana a los 800 km^2. Los espesores de esta unidad varían de centímetros a metros.

Correlación

La unida Qpe, que se ha mencionado en este proyecto como “Sedimentos de penillanura” es correlacionable con los “Depósitos de penillanura eólicos (Qpe) y Depósitos eólicos (Qp)” descriptos por INGEOMINAS (2010), en proyectos de cartografía geológica en la región Vichada.

Edad

Para este depósito se ha reportado una edad de Pleistoceno superior a Holoceno, por posición estratigráfica y por análisis palinológico realizado a la muestra IQA-085-P (Anexo D3).

Interpretación

Los depósitos de la unidad Qpe representan una combinación entre los ambientes de depósitos de origen eólico y los ambientes de llanuras aluviales (Figura **31**) , donde también se desarrollaron diferentes tipos de paleopaisajes de vegetación, llanura de inundación, vegetación de vegas, pantanos mal drenados y vegetación de bosque, según reporte de (Anexo D3).

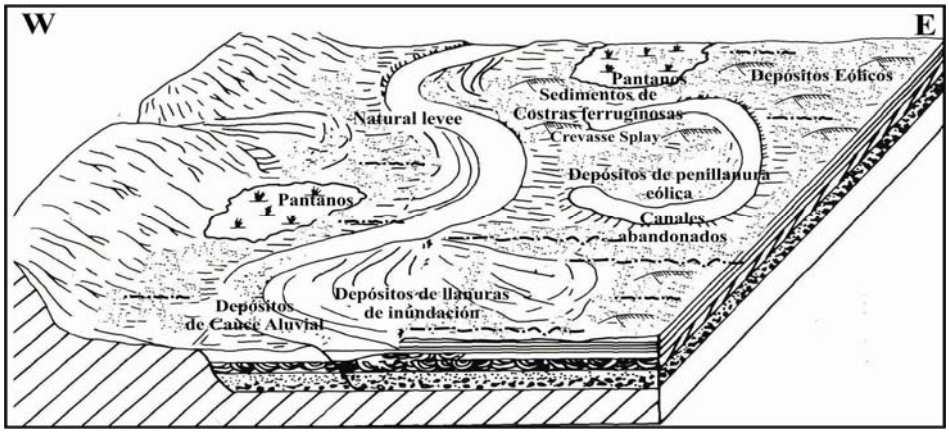

Figura 31. Diagrama de una planicie aluvial, donde se depositaron las unidades de costras ferruginosas, depósitos de penillanura eólica y sedimentos de origen aluvial (Tomado y modificado de Friedman *et al.*, 1992)

5.2.3 Depósitos aluviales

Con el trabajo de campo y con el análisis de fotografías aéreas, se identificaron dos tipos de depósitos aluviales como son: Llanuras de Inundación (Qll) y Depósitos de Cauce Aluvial (Qac).

Los depósitos aluviales se encuentran ampliamente distribuidos en la región de los Llanos Orientales e involucran al área de la Plancha 254 (San José de Ocuné), donde los depósitos aluviales se encuentran relacionados a los diferentes ríos que drenan y descargan su caudal a la llanura de la Orinoquía.

5.2.3.1 Depósitos de llanura de inundación (Qll)

Estos depósitos han sido definidos por INGEOMINAS (2010) como llanuras de inundación, los cuales se encuentran conformados por sedimentos limo-arcillosos y han sido cartografiados a lo largo de grandes ríos como Meta y Bita, entre otros. En este trabajo, estos depósitos son principalmente característicos del río Vichada (Anexo B1).

Localización
Los depósitos de llanura de inundación, se encuentran localizados en las márgenes de los ríos Vichada y Muco, y, en menor extensión, en los caños Guacamayas, Montebello, Beberi, Malicia, Mamiyare, Tuparro, Danta y Cabace.

Descripción
Las llanuras de inundación se encuentran conformadas por sedimentos no consolidados, con variaciones texturales de arenas muy finas a limos arcillosos, con restos de materia orgánica, de tonalidades gris oscuros a amarillas, con abundantes restos vegetales de tipo arbustivo y con presencia de especies menores.

Los depósitos de llanura de inundación habitualmente están asociados a zonas pantanosas, los cuales se encuentran bordeados por antiguas y actuales arenas de playa, y, generalmente, estos depósitos presentan capas macizas y amalgamadas de sedimentos limo-arcillosos, areno-arcillosos y de suelos (Figura 32).

Figura 32. Penillanura arenosa con contenido de arcilla, junto a zona inundable (Qll). Vía hacia Caño Samarro. Estación YPS-082. Coordenadas N: 995073, E: 1061845.

En esta unidad se colectaron 5 muestras (Tabla 14), con el objetivo de caracterizar sedimentológica y litológicamente a la unidad.

Tabla 14. Muestras colectadas para la Unidad Qll.

Estación	Plancha	Coordenadas		Altura (m)	Localización	Muestra	IGM
		N	E				
MB-074	254-III	965,223	1,071,320	141	Inmediaciones del caño Chamanaribo.	MB-074	5,004,030
MB-075	254-III	966,395	1,069,632	138	Margen derecha aguas abajo del río Muco.	MB-075	5,004,031
VEA-019	254-II	981,521	1,095,185	140	Caño Guacamayas	VEA-019	5,004,033
VEA-020	254-II	981,912	1,096,113	140	Caño Guacamayas	VEA-020	5,004,034
YPS-082	254-II	995,073	1,061,845	310	Vía hacia caño Samarro	YPS-082	5,004,135

Análisis con lupa binocular: Este estudio fue realizado una (1) muestra (Tabla 15), lo que permitió detallar textura, composición y porcentajes de minerales. Para esta clasificación de rocas se usó Folk (1974) (
Figura 33). Igualmente, a estas 5 muestras se les realizó estudio geoquímico (Anexo D4).

Tabla 15. Muestra de la Unidad Qll, analizada con lupa binocular.

Muestra	IGM	Composición			Clasificación Composicional Folk (1974)	Plancha
		Cuarzo	Feldespatos	Líticos		
YPS-082	5,004,135	90	0	8	Arena Sublítica	254

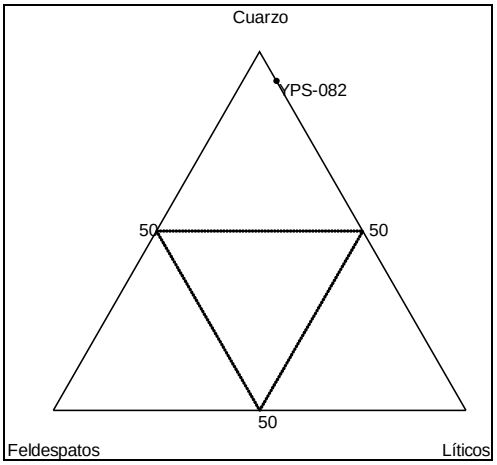

Figura 33. Triángulo de clasificación (Folk, 1974) del cual la muestra analizada se ubica en el campo de las arena sublíticas.

Contactos
En la Plancha 254, la unidad Llanuras de inundación (Qll), al parecer presentan contactos de tipos transicionales con las unidades adyacentes.

Extensión
Los depósitos pertenecientes a la unidad Llanuras de inundación (Qll) en el área de la Plancha 254 (San José de Ocuné), presentan una extensión del orden de los 400 km^2 y se ubican en los alrededores de los ríos Vichada y Muco.

Edad
Para este depósito se ha reportado una edad de Pleistoceno superior hasta comienzos del Holoceno por análisis palinológicos (Anexo D3); pero, debido a la permanente actividad que presenta este depósito, se considera de edad reciente.

Interpretación
Los depósitos descritos anteriormente reflejan en gran parte las planicies aluviales que, con frecuencia, son invadida por las agua de los ríos y caños durante los periodos de crecida. De esta manera cuando el nivel del agua baja,

una nueva capa de sedimentos queda depositada sobre el anterior depósito de la llanura.

5.2.3.2 Depósitos de Cauce Aluvial (Qac)

INGEOMINAS (2010), establece que estos depósitos son producto de la erosión fluvial, transporte y sedimentación ocurridos sobre las márgenes de los ríos del sector norte del departamento del Vichada. Unidad ampliamente reconocida en el área del rio Vichada.

Localización
Los depósitos de cauce aluvial son los caminos naturales de los ríos y, en esta plancha, el cauce principal lo forma el río Vichada, que alcanza grandes extensiones, al igual que los caños Malicia, Guacamayas y Tuparro.

Descripción
Corresponden a depósitos de barras de arenas, de tamaño fino a medio, inconsolidadas, compuestas principalmente por cuarzo hialino, de buena selección. Estos depósitos son producto de la erosión fluvial, transporte y sedimentación, los cuales ocurren sobre las márgenes de los río (
Figura 34).
En los cauces de los ríos principales como el Muco y Guarrojo, y en áreas menores, se forman bancos de arenas de cuarzo de color amarillas, de grano muy fino a fino, buena selección, redondeadas, con bajo contenido de material lodoso y óxidos de hierro, y, en algunos sectores, estos depósitos presentan fragmentos líticos, magnetita y minerales translúcidos, los cuales varían de acuerdo a la dinámica y el material aportante del río.

Figura 34. Cauce del río Vichada, al fondo Depósitos de barras de arenas, inconsolidadas, Sector del Puerto de San José de Ocuné. Cordenadas N=964.411 E=1.082.326

En esta unidad se colectaron 3 muestras para la Unidad Qac (Tabla 16), a las cuales se les realizó análisis geoquímico (Anexo D1).

Tabla 16. Muestras colectadas para la Unidad Qac.

Estación	Plancha	Coordenadas		Altura (m)	Localización	Muestra	IGM
		N	E				
CAG-082	254-I	999,101	1,087,271	141	Vía La 14-El Placer, sector caño Beberí	CAG 082-G	5,004,000
HDM-003	254-III	961,556	1,083,427	114	Desembocadura caño San José de Ocuné	HDM-003-G	5,004,004
MB-076	254-III	968,325	1,065,389	142	Playa en la finca Puerto Rico.	MB-076-SI	5,004,032

Contactos
En la Plancha 254, la unidad de Cauce Aluvial (Qac), presenta al parecer contactos de tipo transicional con las unidades adyacentes.

Extensión
Los depósitos de Cauce Aluvial en el área de la Plancha 254, se presentan a lo largo y ancho de los ríos Vichada y Muco, y en los caños: Guacamayas, Tuparro, Malicia y Mamiyare, donde alcanzan extensiones a los 600 km^2, y pueden tener espesores hasta de hasta 8 m.

Edad
La edad de estos depósitos ha sido determinada por relaciones estratigráficas como Holoceno a reciente.

Interpretación
Los depósitos de cauce aluvial son depósitos característicos de los ríos meándricos, donde la dinámica de erosión fluvial, depositación y transporte de sedimentos, ocurren sobre las márgenes de los ríos. También tienen influencia los períodos de rápidas y cortas crecidas del río.

6. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

En el área de estudio del Bloque 9, Plancha 254 (San José de Ocuné), las expresiones estructurales tales como: pliegues, fallas, lineamientos y diaclasas, entre otras, son difíciles de determinar debido -en gran parte- a la geomorfología plana del Vichada y a la escasa presencia de registros estructurales de la zona. Sin embargo, se realizó un trabajo integral para el entendimiento de la geología estructural del área, el cual fue determinado bajo tres tipos de análisis, a saber: el primero, se encauzó hacia las referencias tectónicas de la cuenca Llanos; el segundo, se realizó a partir de datos de campo y de fotointerpretación; y, como tercer punto de análisis, se realizó la interpretación estructural con base en algunas líneas sísmicas del Vichada. Esto afianzó y amplió el conocimiento de la geología estructural del área.

6.1 TECTÓNICA

La configuración tectónica de Colombia presenta múltiples dominios con sus características especiales de evolución tectónica, depósitos sedimentarios y estilo estructural distintivos. Colombia presenta en su territorio la terminación de los Andes de Suramérica, conocidos como los Andes del norte, que se divide en las tres cordilleras, las cuales presentan diferentes historias y rasgos tectónicos. Al este de las cordilleras se encuentra la cuenca de los Llanos Orientales, caracterizada por ser un área de topografía más baja y suave. De manera similar, es una zona tectónicamente estable conformada por un basamento Pre-Cámbrico suprayacido por una cobertura sedimentaria que varía en edad y extensión, incluyendo rocas del Paleozoico, Cretácico, Paleógeno y Neógeno, las cuales, en general, presentan un adelgazamiento hacia el este, terminando en el Escudo de Guyana (Cooper *et al.,* 1995 y Bayona *et al.,* 2008).

La configuración tectónica y evidencias estratigráficas es de “onlap” en español “acuñamiento” progresivo hacia el este de las rocas más jóvenes sobre las más antiguas; Además, la geometría en forma de cuña que se adelgaza hacia el este, indica que la cuenca de los Llanos representa la cuenca asociada al sistema de antepaís (foreland) adyacente a un cinturón orogénico que corresponde a la Cordillera Oriental (Cooper *et al.,* 1995; Gómez *et al.,* 2005 y Bayona *et al.,* 2008). Teniendo en cuenta la ubicación del área de estudio, ésta corresponde a una zona distal de la cuenca de antepaís, por tanto las implicaciones del modelo de evolución de un área como ésta -la cual está

relacionada a un cinturón orogénico (Dickinson, 1974; Jordan, 1981; DeCelles y Giles, 1996)-, tanto estructural como estratigráficamente, están controladas por la evolución de la Cordillera Oriental, principalmente en lo que a su evolución estructural se refiere.

Una cuenca de antepaís presenta múltiples zonas de depositación con características distintivas, cuya distribución obedece a la posición y carga del cinturón orogénico. Además, estas zonas presentan variaciones a medida que el cinturón orogénico evoluciona en el tiempo, dando origen a la migración de la ondícula flexural, lo cual puede hacer que estas zonas migren en la misma dirección que el cinturón orogénico (
Figura 35). Estas zonas son: El tope de cuña (wedgetop), que es la zona más proximal al cinturón orogénico y presenta sedimentación contemporánea con la deformación en las zonas de piedemonte (
Figura 36); La cuenca flexural (foredeep), que es la siguiente zona y presenta la mayor subsidencia flexural y la mayor acumulación de sedimentos (
Figura 36); El alto flexural (forebulge) es una zona de potencial levantamiento flexural ubicada entre el foredeep y el backbulge, sin embargo esta zona puede ser cubierta por los sedimentos, presentando menor espesor o, incluso, puede ser sometida a erosión (
Figura 36); y la cuenca flexural posterior (backbulge) es la zona de potencial acumulación de sedimentos más alejada del cinturón orogénico y que representa el límite depositacional de la cuenca de antepaís (DeCelles y Giles, 1996).

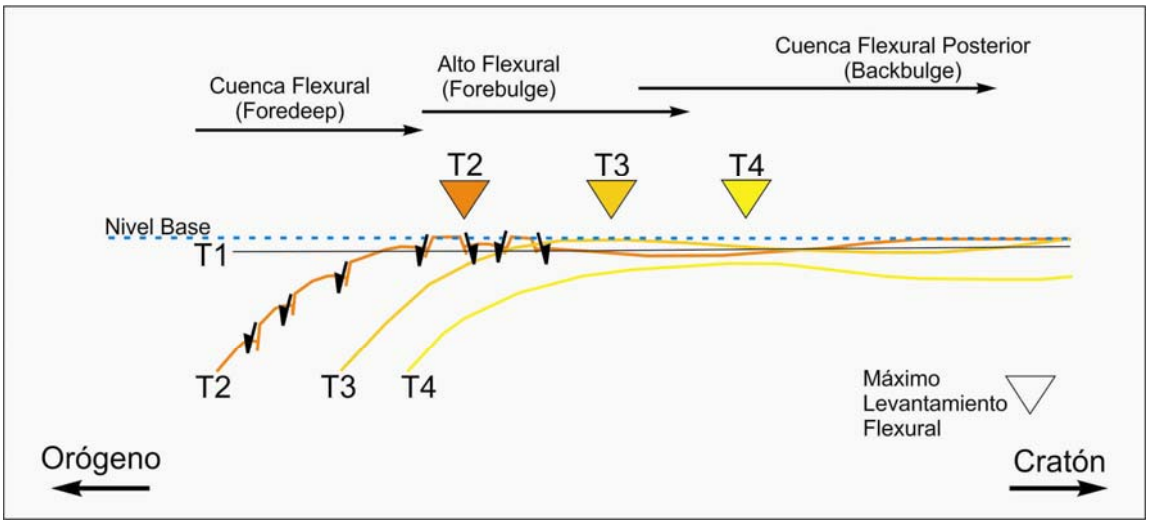

Figura 35. Migración de la ondícula flexural en un sistema de cuenca de antepaís según DeCelles y Giles (1996), tomado de Bayona *et al.* (2008).

Adicionalmente al control tectónico en la evolución de este tipo de cuencas, tenemos también el control climático, que influyó tanto al cinturón orogénico como a la cuenca de antepaís, debido a que ejerce control sobre la relación espacial de acomodación/suministro de sedimento (Holbrook *et al.,* 2006) e influencia la evolución del cinturón orogénico debido a que la erosión prolongada puede ejercer influencia en el desarrollo de zonas tectónicamente activas (Mora *et al.*, 2008).

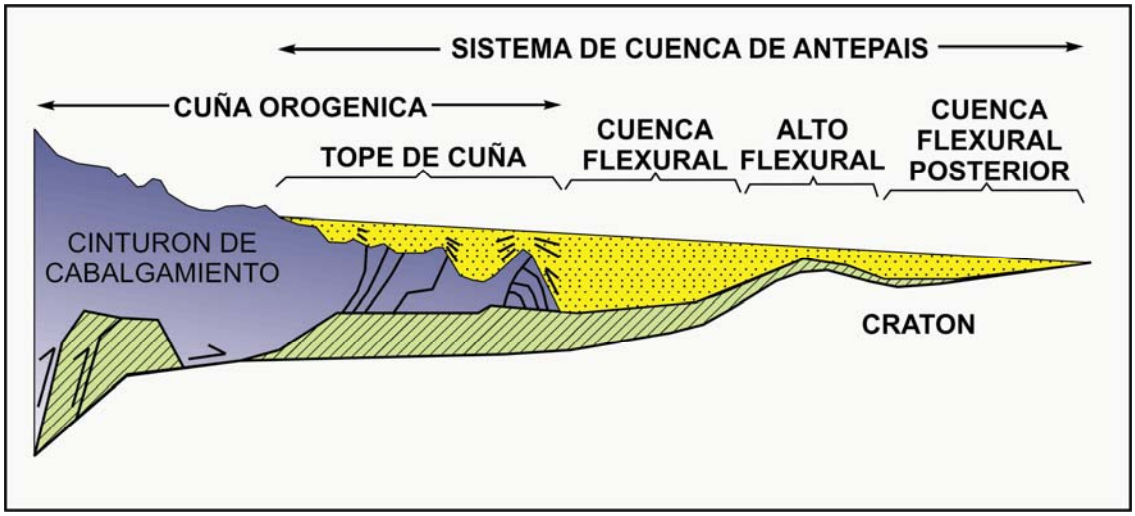

Figura 36. Esquema representativo de las zonas de depositación en un sistema de cuenca de antepaís. Tomado de DeCelles y Giles (1996).

6.2 ESTRUCTURAS DE CAMPO

En esta plancha las estructuras propuestas de campo, se basan en datos dispersos, que en algunos sectores de la plancha se plantean como estructuras definidas y en otras, como inferidas, ya que su continuidad difícilmente se puede corroborar en campo, incluso con el uso de sensores remotos. No obstante, con la observación de las imágenes de satélite y de fotos aéreas se lograron realizar algunos trazos estructurales dentro del área de la Plancha 254.

Las estructuras vistas en campo son muy escasas e imprecisas. No obstante, se pudieron identificar algunos lineamientos y pliegues, gracias al trabajo de campo, las referencias bibliográficas y al análisis de fotogeología; Además, para identificar algunos sistemas de fallas, se utilizó información sísmica. En la Figura 38 se presentan los rasgos estructurales y geológicos de la plancha.

A continuación se describen cada una de las estructuras interpretadas con el trabajo de campo y en el aparte siguiente se describe la interpretación estructural de algunos sistemas de fallas.

6.2.1 Pliegues

De acuerdo con los pocos datos de control estructural tomados en campo, se insinúa la existencia del pliegue sinclinal Mamiyare a la altura del caserío de Guacamayas (Figura 38), el cual presenta un rumbo general N20°E.

6.2.1.1 Sinclinal Caño Mamiyare

Este sinclinal ha sido inferido en la Plancha 254, y el eje de esta estructura se ha proyectado a punto medio de confluencia, cercano al sector de Ranchería Guacamaya. Esto se debe a la distancia que presentan los datos de campo y a la geoforma plana del terreno.
El flanco occidental del sinclinal ha sido referido a las estaciones MV-014 (50/11º) y MV-015 (105/4º), en tanto que el flanco oriental más inclinado lo definen las estaciones JRA-077 (318/23º) y JRA (315/23º), que tiene dirección de N40°E y longitud de 10 km. (
Figura 37).

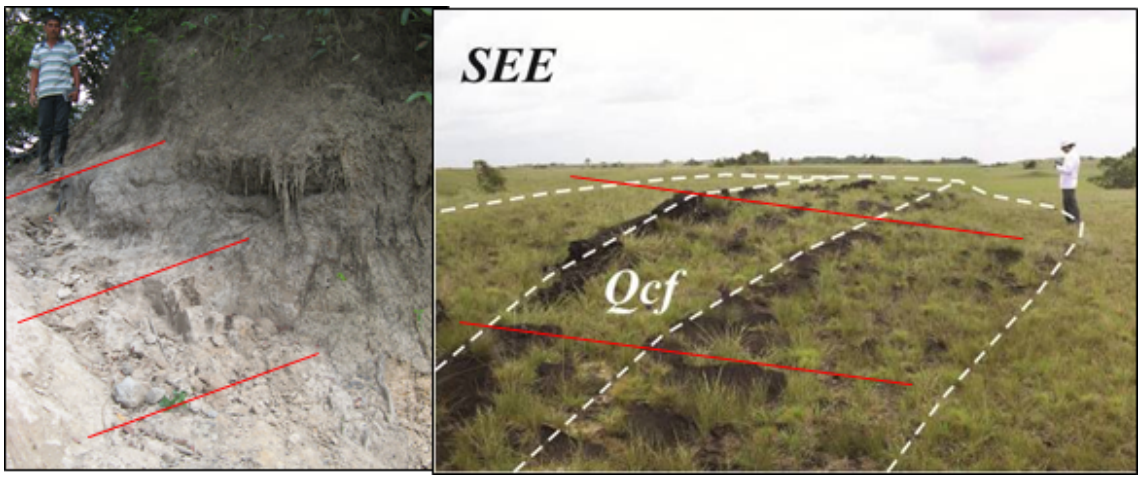

Figura 37. En la imagen de la izquierda las líneas rojas muestran los planos estructurales del dato (105/4º) de la estación MV-015. La imagen de la derecha muestra los planos estructurales del dato (318/23º) de la estación JRA-077, los cuales definen el sinclinal del caño Mamiyare.

6.2.2 Fallas

Las observaciones y las evidencias de fallas en el área de trabajo son muy limitadas, debido a la geomorfología del terreno, a la carencia de afloramientos y al enterramiento que presentan los planos de falla por los depósitos

cuaternarios y por la misma cobertura de vegetación, por lo tanto no fue posible observarlas en terreno.

Por lo anterior, fue través de información sísmica que se pudo identificar la falla San José de Ocuné.

6.3 LINEAMIENTOS

Con el estudio del modelo digital de elevación (30 m), imágenes de satelitales y de fotografías aéreas, se lograron identificar algunos lineamientos existentes en esta plancha (Figura 38), los cuales son de carácter local y regional, y presentan dos patrones de dirección, como se observa en la Tabla 17, que se muestra a continuación:

Tabla 17. Lineamientos interpretados en el área de estudio.

Lineamiento	Orientación
Río Vichada	N50°E - N65°E
Río Muco-Caño Chupabe	N60°W
Caño Nevillo	N45^{0}E

Lineamiento del río Vichada: Tiene una orientación N60°E, el trazo es determinado a lo largo del río Vichada, y se prolonga desde la plancha 272 hasta la 255 (Anexo B1). Al sur-oeste de este lineamiento se presentan algunos lineamientos menores, como el lineamiento del caño Nevillo, que tiene una dirección de N45°E y una extensión local de unos 5 km.

Lineamiento del río Muco – Chupabe: Tiene una orientación N60°W, el trazo es determinado a lo largo del valle del río Muco y Chupabe, y se prolonga desde la plancha 274 hasta la 253 (Anexo B1).

6.4 ESTRUCTURAS DEL SUBSUELO

La información de líneas sísmicas disponibles para este estudio fue suministrada Servicio Geológico Colombiano, con lo cual se interpretaron o infirieron ciertas estructuras de fallas que no afloran en el área de estudio (Figura 38). Dentro del área de estudio las fallas están cubiertas por depósitos recientes, por lo que su expresión en superficie es muy limitada y, al parecer, se restringe al control de algunos cauces de drenajes, los cuales fueron interpretados como lineamientos.Dentro de las fallas interpretadas está la de San José de Ocuné.

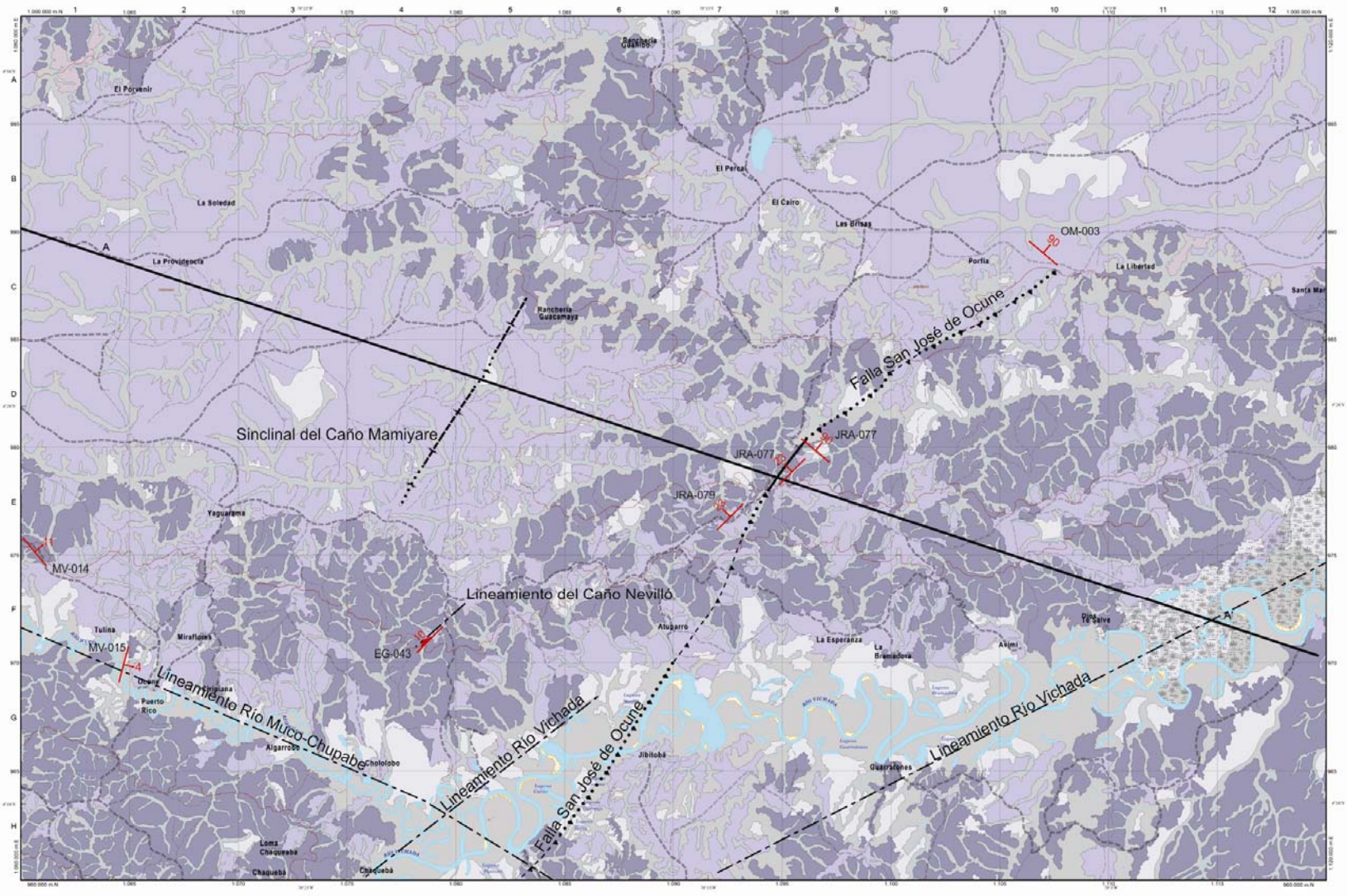

Figura 38. Mapa de ubicación de las principales estructuras y lineamientos regionales.

En la zona de estudio se observa la prolongación norte de la falla San José de Ocuné, que es una falla inversa, cubierta y es interpretada a partir de la información sísmica CL-1980-02 (
Figura **39**). Su trazo en esta plancha es la prolongación que se hizo desde la plancha 273 y su rumbo es un trazo rectilíneo a lo largo del valle del río Vichada.

En esta línea se aprecia, en la parte superior, un trazo del relieve suave y de baja altura; un horizonte somero y el trazo de dos fallas: 1 y 2. Estas fallas son difíciles de observar en superficie, pero se pueden observar en el subsuelo y prolongarlas a superficie como la Falla de San José de Ocuné para así complementar la geología estructural del área.

Falla San José de Ocuné

Esta estructura es una falla inversa (Anexo B1), con saltos de aproximadamente 25 m (50-75 m) y plegamientos muy suaves que en conjunto presentan una orientación de N35°E a N60°E (Figura 38). Debido a los bajos desplazamientos en las fallas, es de esperarse que su extensión a lo largo del rumbo también sea muy limitada, por lo que la correlación de estas fallas en diferentes líneas sísmicas se hace más incierta debido a la distancia entre estas.

Basados en la información de campo y en la de subsuelo, se construyeron las secciones estructurales para cada plancha del Bloque 9, con el fin determinar la distribución y las relaciones estratigráficas entre las unidades cartografiadas. Los cortes estructurales fueron realizados a escala horizontal 1:100.000 y vertical 1:5.000 (
Figura **40**).

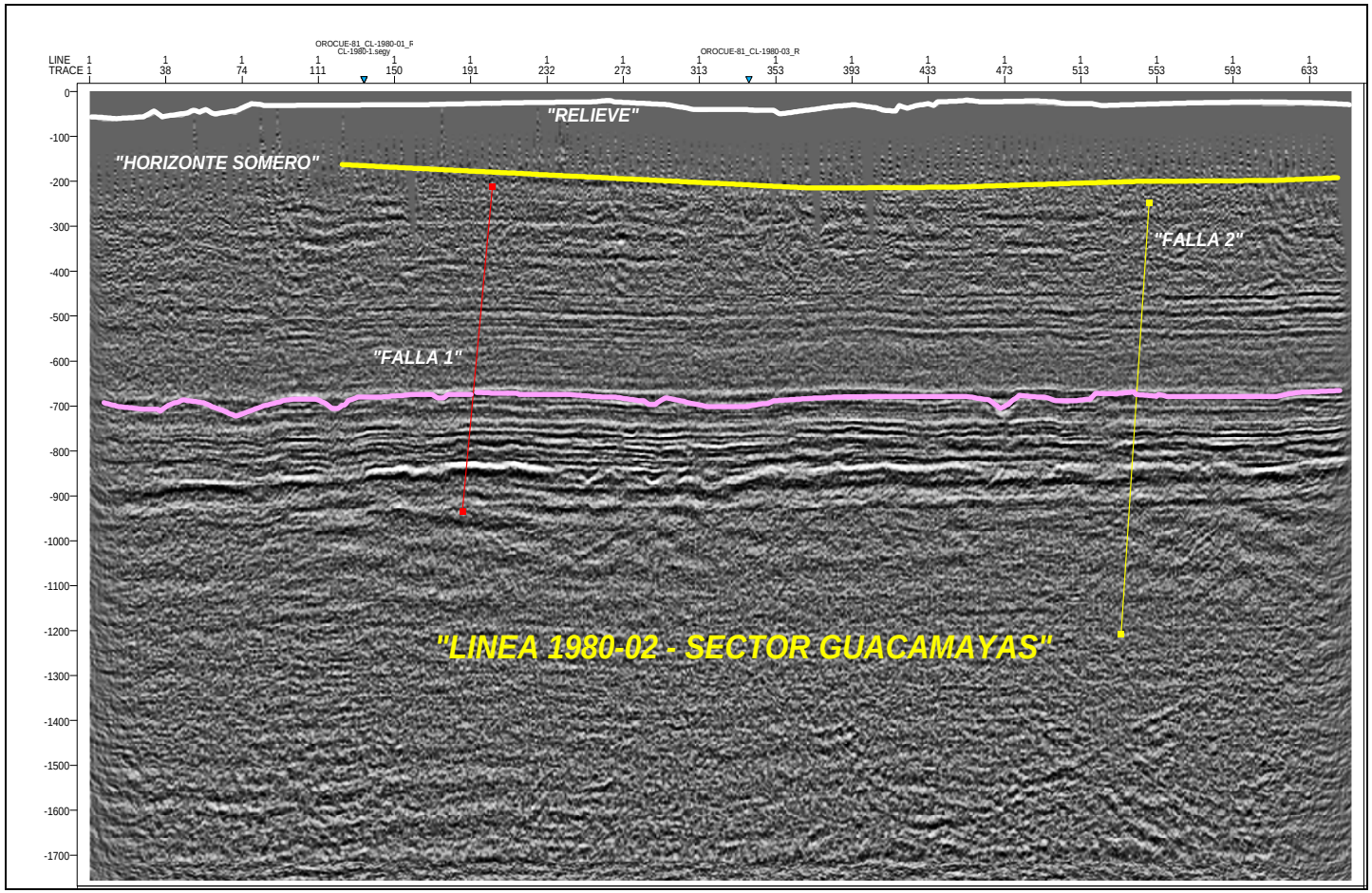

Figura 39. Sección sísmica de la línea CL-1980-02.

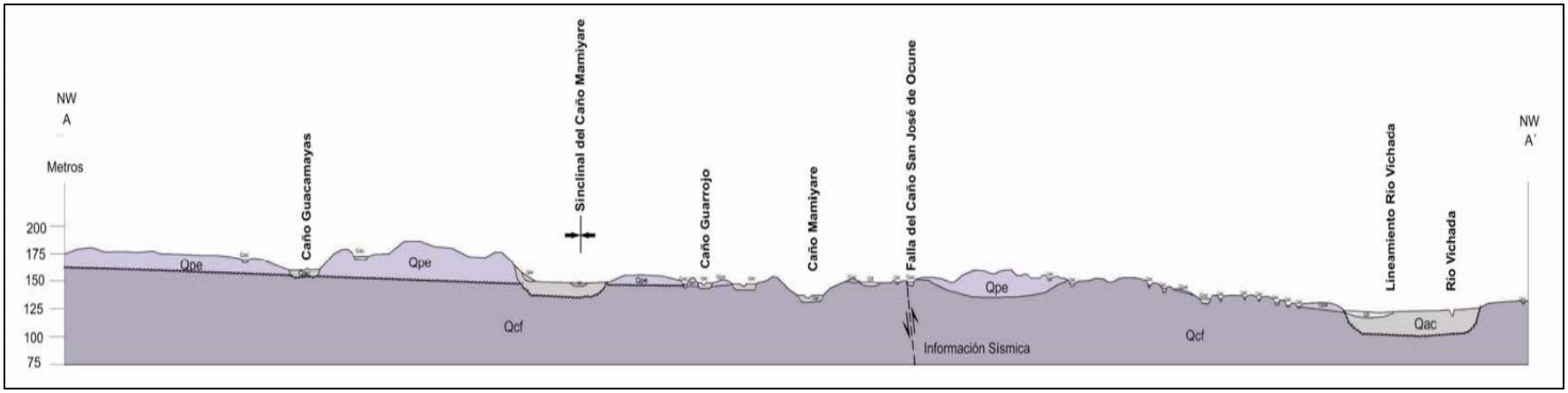

Figura 40. Secciones estructurales generalizadas construidas en el área de estudio. Ver ubicación en la Figura 38.

7. GEOQUÍMICA

La prospección geoquímica de minerales o elementos, incluye métodos basados en la medición sistemática de las propiedades químicas de un material de ocurrencia natural. El propósito de estas medidas es la ubicación de anomalías geoquímicas o de áreas donde el patrón geoquímico indica la presencia de depósitos minerales. Estas anomalías pueden ser formadas en profundidad por procesos ígneos y metamórficos, o en la superficie terrestre, por meteorización, erosión y transporte superficial. La prospección geoquímica de un área debe ser integrada generalmente con los estudios geológicos y geofísicos para poder delimitar las zonas de interés, y así poder comprender mejor las características de las zonas con concentraciones anómalas de los elementos o minerales de interés.

Las anomalías geoquímicas pueden corresponder a zonas o halos donde la concentración de los elementos valiosos es superior a los niveles normales en rocas circundantes. Estas anomalías geoquímicas generalmente se presentan alrededor de depósitos minerales, los cuales corresponden a zonas donde se muestran concentraciones anómalas de elementos específicos, usualmente dentro de un volumen relativamente confinado de la corteza de la Tierra. La mayoría de los depósitos minerales incluyen una zona central o núcleo, en el que los elementos valiosos o minerales están concentrados en cantidades suficientes que permiten una explotación económicamente rentable.

Para llevar a cabo la adquisición de nueva información litogeoquímica, se realizó un muestreo de Sedimentos Activos Finos en el área de la Plancha 254 (San José de Ocuné). Para tal fin, se diseñó un sistema de bloques con dimensiones de 30 km x 20 km, tomando como base un mapa a escala 1:100.000, donde se colectarán muestras sobre los drenajes más representativos, con el fin de obtener información de 6 elementos mayores (Al, Ca, Mg, K, Ti, Fe) y como mínimo 9 elementos trazas (Mn, C, Cu, K, Ba, Cd, Mo, Ni, Pb y Zn).

7.1 MUESTREO GEOQUÍMICO

Para el análisis geoquímico, se colectaron en esta plancha (33) muestras de sedimentos activos (Anexos A2). En los siguientes numerales se describe la metodología del muestreo, y los sitios de muestreo.

Metodología de Muestreo

Para el muestreo geoquímico se dividió el área de 2400 km^2 de la Plancha 272 (El Deba) en cuatro (4) partes iguales de 600 km^2 cada una, con el propósito de obtener -como mínimo- una muestra de cada celda y así lograr estandarizar el proceso de muestreo de la plancha.

El muestreo geoquímico de la Plancha 272 (El Deba) consistió en la toma de tres (3) tipos de muestras: 1) Sedimento activo fino, colectadas en corrientes activas, 2) Muestras de suelo y 3) Muestras de la llanura de inundación, tomadas en depósitos recientes de las corrientes de agua, pero no tomadas directamente del cauce actual.

A continuación se hace una breve descripción de cada uno de los tipos de muestras colectadas en la Plancha 254.

7.1.1 Sedimento activo fino

En cada sitio de muestreo se tomó aproximadamente 1 kg de muestra de sedimento activo fino, arcilloso, directamente del lecho del curso de agua, en aquellos puntos donde la corriente fuera baja, los cuales permitieron la acumulación de los materiales de arrastre más finos, pero teniendo en cuenta que se encontraran cubiertos de agua al momento de la muestra.

7.1.2 Suelo

Las muestras de suelo fueron tomadas sobre una trinchera para evitar la contaminación de los agentes superficiales y tener mayor representatividad en este tipo de muestras.

7.1.3 Llanura de inundación

Se colectaron 5 muestras en la llanura de inundación, en los sectores aledaños a los cauces de las grandes corrientes de agua, como los ríos. Los depósitos de llanura de inundación, se encuentran localizados principalmente cerca a las márgenes de los ríos Muco y Guarrojo y en otros caños de menor extensión.

7.2 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS GEOQUÍMICOS

A partir de las muestras colectadas en el campo, se seleccionaron las más representativas del área, con el fin de realizar diferentes análisis geoquímicos, lo cuales fueron elaborados por el laboratorio de geoquímica del SGC, usando los método FRX (fluorescencia de rayos X) e ICP-MS (espectrometría de masas con plasma acoplado inductivamente). Anexo D4.

De los resultados obtenidos por medio de FRX, se descartaron aquellos que se encontraron por debajo del límite de detección (Tabla 18).

Tabla 18. Control de muestras válidas (V) y no válidas (NV) Para los análisis obtenidos por FRX.

	Qac		Qcf		Qcf-Matriz		Qll		Qpe		Sed. Activos		TOTAL	
	V	NV	V	NV	V	NV	V	NV	V	NV	V	NV	V	NV
SiO2	2		3		2		3		22		1		33	0
TiO2	2		3		2		3		22		1		33	0
Al2O3 %	2		3		2		3		22		1		33	0
Fe2O3 %	2		3		2		3		22		1		33	0
MgO %		2	3			2		3		22		1	3	30
K2O %		2	1	2	2			3	1	21		1	4	29
P2O5 %		2	3		2		1	2	20	2		1	26	7
V ppm		2	3		2		1	2	22		1		29	4
Zr ppm	2		3		2		3		22		1		33	0
Nb ppm	2		3		2		3		22		1		33	0
Mo ppm		2	3		1	1	1	2	16	6	1		22	11
Sn ppm		2	1	2		2		3	4	18		1	5	28
Hf ppm	2		3		2		2	1	22		1		32	1
W ppm		2		3		2		3		22		1	0	33

Para establecer parámetros de comparación se utilizaron los valores promedio de la corteza, reportados por Rudnick & Gao (2003) para los diferentes elementos y compuestos analizados (Tabla 19 y
Figura 43). Utilizando estos valores de referencia, se seleccionaron aquellos que presentaban valores superiores a estos promedios y se realizaron mapas de concentración para los elementos y compuestos que presentaron valores altos (TiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3, V, Zr, Nb, Mo y Hf).

En las (
Figura 41 y
Figura 42), se presentan los mapas de distribución de algunos elementos y compuestos, donde se observa que la mayor abundancia de TiO_2, Al_2O_3, Nb y V, hacia la esquina noroeste de la zona, con el mínimo hacia el sureste. Hacia la parte noreste se presenta otra zona de valores altos, aunque no tan pronunciada como la del noroeste. El Fe_2O_3, Hf, Mo y Zr, presentan una tendencia similar a los valores más altos del noroeste y los más bajos del sureste, aunque los valores no alcanzan los máximos que se observan en los anteriores elementos y compuestos.

Para el caso de los resultados obtenidos por ICP-MS, los datos mostraron -en general- unos valores por debajo del promedio de la corteza (Rudnick & Gao, 2003), exceptuando tres (3) muestras (MB-076-SI, VEA-019 y VEA-020), en las que la concentración del elemento Itrio es seis (6) veces mayor a la concentración promedio de la corteza (Tabla 20 y

Figura 43). Las muestras tomadas se encuentran distribuidas en la plancha de la siguiente manera: dos (2) hacia la parte central de la plancha, cerca de la confluencia entre los caños Mamiyare y Guacamayas (VEA-019 y VEA-020), y la restante en el extremo suroeste, al sur del río Muco, cerca al sitio conocido como Puerto Rico.

Tabla 19. Resultados de análisis por FRX de las muestras seleccionadas. La última fila corresponde a los valores promedio para la corteza continental de dichos elementos y compuestos (Rudnick & Gao, 2003). En rojo se encuentran los valores que estuvieron por encima del promedio de la corteza y en gris los valores por debajo del rango de detección.

N°	NORTE	ESTE	MUESTRA	ID MUESTRA	REFERENCIA	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	K_2O	P_2O_5	V	Zr	Nb	Mo	Sn	Hf	LOI	UNIDAD
						(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(%)	
1	992358	1114194	CAG 043	37751-I	5004110	69,77	1,13	14,25	5,72	< 0,08	0,037	123	760	24	3	10	17	9,04	Qpe
2	999101	1087271	CAG 082-G	36471-I	5004000	98,25	0,15	0,84	0,28	<0,08	<0,024	<9	169	2	<2	<8	<8	0,56	Qll
3	961556	1083427	HDM-003-G	36475-I	5004004	96,70	0,68	0,74	1,08	<0,08	<0,024	28	2183	9	3	<8	48	0,39	Sed-Act
4	988022	1099526	IQA-060-P	37752-I	5004111	73,64	1,13	12,74	3,96	< 0,08	0,034	83	818	24	2	9	18	8,44	Qpe
5	987939	1100953	IQA-061-P	37753-I	5004112	81,39	0,80	8,72	3,24	< 0,08	0,029	70	818	17	2	< 8	18	5,77	Qpe
6	989341	1104946	IQA-062-P	37754-I	5004113	76,47	1,00	10,76	5,09	< 0,08	0,033	92	1127	22	3	< 8	25	6,53	Qpe
7	988215	1107637	IQA-063-P	37755-I	5004114	84,63	0,78	7,26	2,65	< 0,08	0,026	60	998	17	2	< 8	21	4,58	Qpe
8	990606	1112596	IQA-065-P	37756-I	5004115	84,28	0,68	6,99	3,69	< 0,08	0,027	67	1179	15	3	< 8	24	4,24	Qpe
9	990143	1114682	IQA-066-P	37757-I	5004116	83,78	0,73	7,57	3,33	< 0,08	0,032	61	1010	16	2	< 8	22	4,51	Qpe
10	988696	1119744	IQA-067P	37758-I	5004117	52,51	1,85	23,78	7,18	< 0,08	0,057	154	1196	41	5	< 8	30	14,41	Qpe
11	988586	1090218	IQA-081-P	37759-I	5004118	89,02	0,43	4,28	2,96	< 0,08	0,048	40	776	10	2	< 8	20	3,11	Qpe
12	990834	1089828	IQA-084-P1	37760-I	5004119	88,24	0,45	5,27	2,82	0,12	0,051	45	596	10	< 2	< 8	12	2,97	Qpe
13	993836	1078432	IQA-088-P	37761-I	5004120	79,17	0,93	9,48	4,62	< 0,08	0,032	79	1086	21	3	< 8	28	5,67	Qpe
14	994598	1080390	IQA089	37762-I	5004121	76,24	0,76	10,99	4,44	< 0,08	0,052	78	519	17	< 2	< 8	10	7,40	Qpe
15	991245	1072398	IQA-090-P	37763-I	5004122	76,03	1,15	11,14	4,55	< 0,08	0,034	90	1404	26	4	< 8	32	6,93	Qpe
16	989141	1065923	IQA-091-P	37764-I	5004123	73,73	1,11	12,33	4,82	< 0,08	0,036	94	846	23	2	< 8	20	7,87	Qpe
17	979078	1117940	JRA-062-P2	37765-I	5004124	89,90	0,43	3,42	2,99	< 0,08	0,046	52	1013	9	2	< 8	20	3,07	Qcf
18	979802	1115565	JRA-064	37766-I	5004125	91,84	0,49	4,58	0,70	0,10	0,028	42	781	10	< 2	< 8	15	2,17	Qcf-matriz
19	978393	1110384	JRA-067-P	37767-I	5004126	87,82	0,56	5,38	2,16	< 0,08	0,031	43	883	12	< 2	< 8	17	3,96	Qpe
20	977347	1099013	JRA-078-P	37768-I	5004127	77,09	1,10	11,32	3,54	< 0,08	0,042	81	1338	23	3	< 8	32	6,63	Qll
21	975127	1089496	JRA-080-P	37769-I	5004128	87,22	0,68	6,00	1,92	< 0,08	0,034	47	1263	15	3	< 8	26	3,90	Qcf
22	972885	1080064	JRA-082-P	37770-I	5004129	86,55	0,77	6,07	2,61	< 0,08	0,030	55	1607	16	3	< 8	36	3,78	Qpe
23	976588	1074559	JRA-085-P	37771-I	5004130	87,42	0,47	5,22	3,49	< 0,08	0,027	60	516	10	< 2	< 8	9	3,37	Qpe
24	981460	1060516	JRA-086-P	37772-I	5004131	52,56	1,98	23,82	7,30	< 0,08	0,064	155	1296	43	5	9	33	13,98	Qpe
25	965223	1071320	MB-074-SI	36501-I	5004030	98,77	0,16	0,45	0,23	<0,08	<0,024	<9	640	3	<2	<8	13	0,34	Qll
26	966395	1069632	MB-075-SI	36502-I	5004031	97,64	0,25	1,16	0,30	<0,08	<0,024	<9	456	4	<2	<8	9	0,59	Qac
27	968325	1065389	MB-076-SI	36503-I	5004032	98,74	0,16	0,38	0,34	<0,08	<0,024	<9	1349	3	<2	<8	29	0,26	Qac
28	989596	1110020	OM-004-P	37773-I	5004132	93,63	0,41	3,70	0,56	0,19	0,035	22	1001	9	3	< 8	19	1,33	Qcf-matriz
29	981521	1095185	VEA019	36504-I	5004033	98,10	0,22	0,76	0,27	<0,08	<0,024	<9	1112	4	<2	<8	21	0,60	Qpe
30	981912	1096113	VEA020	36505-I	5004034	95,51	0,34	1,97	0,40	<0,08	<0,024	12	905	7	<2	<8	18	1,69	Qpe
31	987752	1117439	YPS-065-P	37774-I	5004133	53,59	1,94	24,00	6,98	< 0,08	0,052	151	1369	41	4	10	34	13,15	Qpe
32	996769	1065392	YPS-081-P	37775-I	5004134	51,00	1,84	20,65	14,76	0,44	0,067	241	1521	41	7	8	38	10,81	Qcf
33	995073	1061845	YPS-082-P	37776-I	5004135	57,37	1,88	21,26	6,57	< 0,08	0,054	131	1272	39	4	< 8	31	12,58	Qpe
PROMEDIO CORTEZA						**60,6**	**0,72**	**15,9**	**6,71**	**1,81**	**0,13**	**138**	**132**	**8**	**0,8**	**1,7**	**3,7**		

Tabla 20. Resultados de las muestras analizadas por ICP-MS. En la parte inferior se presentan los valores promedio para la corteza continental de dichos elementos (Rudnick & Gao, 2003). En rojo se encuentran los valores que estuvieron por encima del promedio de la corteza.

ID MUESTRA	NUMERO DE CAMPO	COORDENADAS		Li	Be	Sc	Cr	Mn	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Sr	Y	Cd	In	Cs	Ba	La
				ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
		NORTE	ESTE	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g
36471-I	CAG 082-G	999101	1087271	2,6	0,13	0,71	7,4	4,0	0,23	0,80	3,6	4,1	0,85	1,0	2,1	6	4,0	0,04	0,005	0,19	11	4
36475-I	HDM-003-G	961556	1083427	4,0	0,21	1,9	13	109	1,4	1,1	11	19	1,1	1,4	4,6	9	8,0	0,05	0,012	0,21	42	8
36501-I	MB-074-SI	965223	1071320	2,2	0,10	0,73	8,2	15	0,25	0,30	4,5	5,2	0,25	0,60	3,1	5	7,4	0,04	0,005	0,13	22	5
36502-I	MB-075-SI	966395	1069632	3,8	0,17	1,1	11	9,0	0,48	1,0	5,1	7,1	1,0	1,1	4,8	9	6,6	0,04	0,007	0,33	39	6
36503-I	MB-076-SI	968325	1065389	1,7	0,12	0,67	7,7	8,0	0,33	0,30	3,7	4,6	0,24	0,66	2,4	5	127	0,04	0,006	0,11	18	5
36504-I	VEA019	981521	1095185	2,7	0,12	0,97	8,3	7,0	0,25	0,50	4,2	4,1	0,63	0,67	3,2	6	122	0,04	0,006	0,23	17	5
36505-I	VEA020	981912	1096113	4,6	0,18	1,7	13	8,0	0,38	1,5	6,0	7,8	2,0	1,0	4,5	9	121	0,04	0,009	0,47	25	8
ABUNDANCIA DE ELEMENTOS EN LA CORTEZA				**16**	**1,9**	**21,9**	**135**	**774**	**26,6**	**59**	**27**	**72**	**16**	**2,5**	**49**	**320**	**19**	**0,08**	**0,052**	**2**	**456**	**20**

ID MUESTRA	NUMERO DE CAMPO	COORDENADAS		Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Tl	Pb	Bi	Th	U
				ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
		NORTE	ESTE	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g
36471-I	CAG 082-G	999101	1087271	10	1,0	3,5	0,7	0,13	0,75	0,09	0,37	0,07	0,25	0,03	0,24	0,04	0,02	2,9	0,04	2,3	0,31
36475-I	HDM-003-G	961556	1083427	17	1,9	6,9	1,4	0,27	1,6	0,21	0,91	0,18	0,63	0,09	0,66	0,10	0,03	5,1	0,05	4,2	0,91
36501-I	MB-074-SI	965223	1071320	10	1,0	4,0	0,8	0,16	0,85	0,12	0,50	0,10	0,35	0,05	0,37	0,06	0,02	3	0,04	2,5	0,48
36502-I	MB-075-SI	966395	1069632	13	1,4	5,1	1	0,24	1,1	0,16	0,68	0,14	0,49	0,08	0,48	0,08	0,04	3,7	0,05	3,0	0,64
36503-I	MB-076-SI	968325	1065389	11	1,2	4,4	0,8	0,16	0,93	0,13	0,55	0,11	0,38	0,05	0,38	0,06	0,01	3	0,04	2,6	0,48
36504-I	VEA019	981521	1095185	11	1,1	4,3	0,8	0,17	0,94	0,14	0,69	0,13	0,49	0,07	0,49	0,08	0,02	3,1	0,04	2,8	0,66
36505-I	VEA020	981912	1096113	16	1,7	6,4	1,2	0,26	1,3	0,19	0,85	0,17	0,61	0,08	0,62	0,09	0,04	4,8	0,06	4,0	0,84
ABUNDANCIA DE ELEMENTOS EN LA CORTEZA				**4,3**	**4,9**	**20,0**	**3,9**	**1,1**	**3,7**	**0,6**	**3,6**	**0,77**	**2,1**	**0,28**	**1,9**	**0,3**	**0,5**	**11**	**0,18**	**5,6**	**1,3**

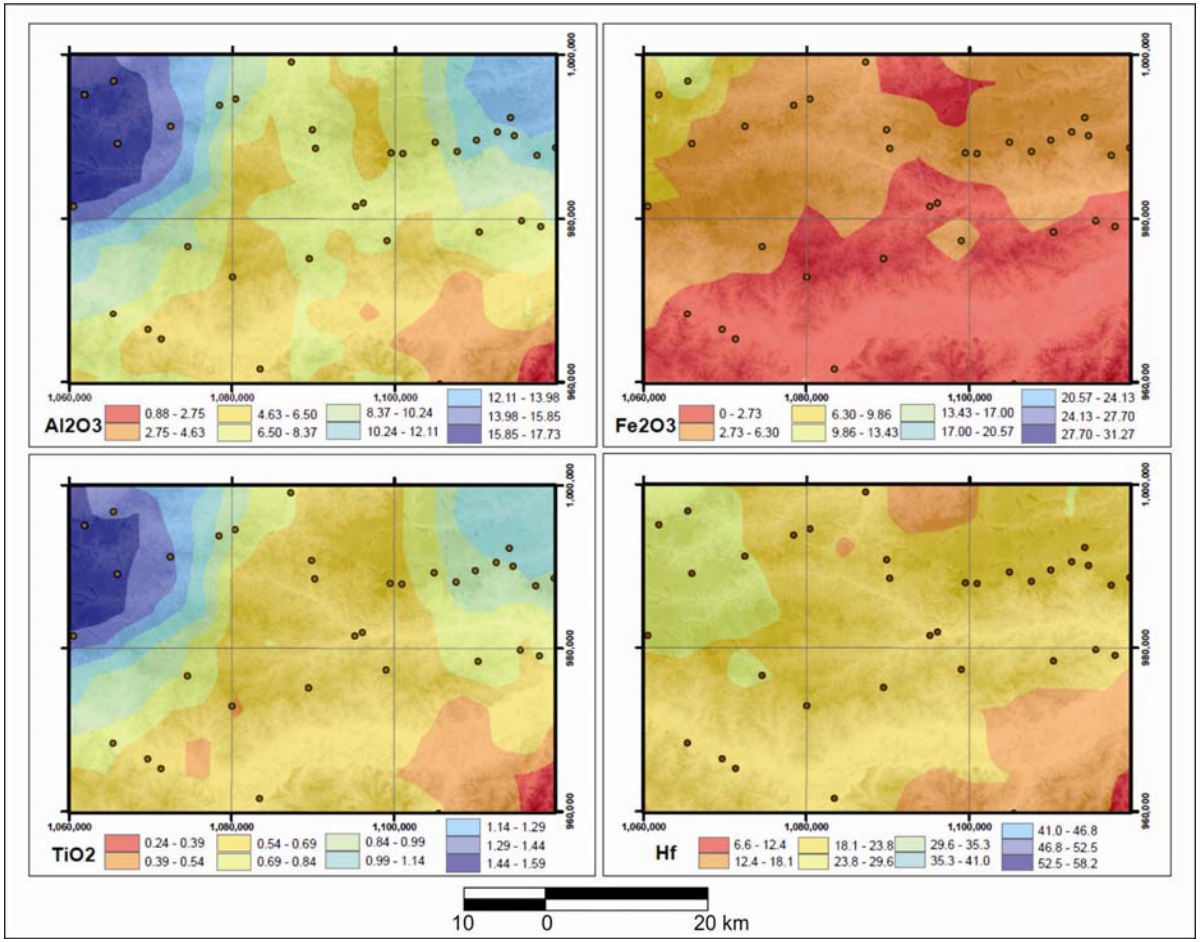

Figura 41. Mapas de abundancia de algunos elementos y óxidos que presentan las mayores concentraciones en la zona de estudio. La concentración de los elementos está dada en ppm y la de los óxidos en porcentaje. Los puntos representan la ubicación de las muestras analizadas.

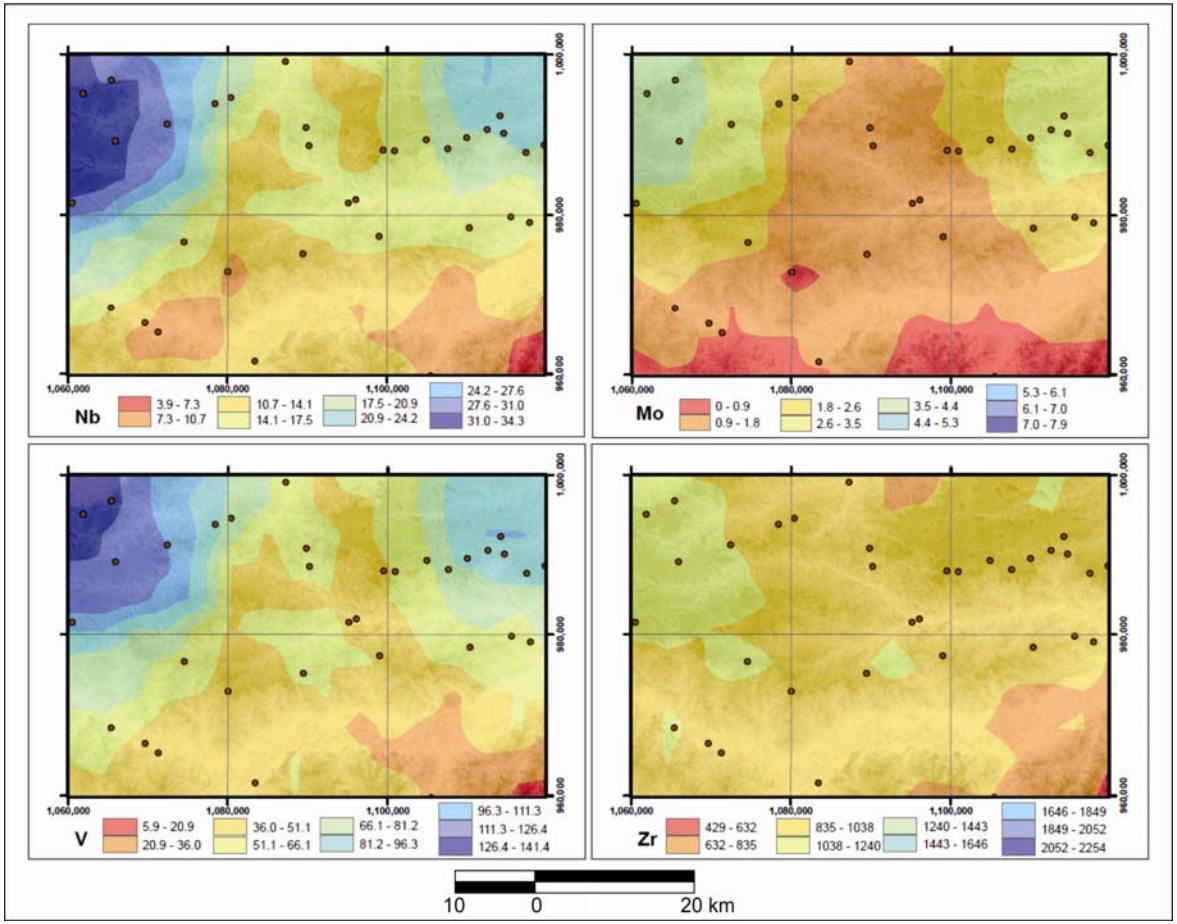

Figura 42. Mapas de abundancia de algunos elementos y óxidos que presentan las mayores concentraciones en la zona de estudio. La concentración de los elementos está dada en ppm y la de los óxidos en porcentaje. Los puntos representan la ubicación de las muestras analizadas.

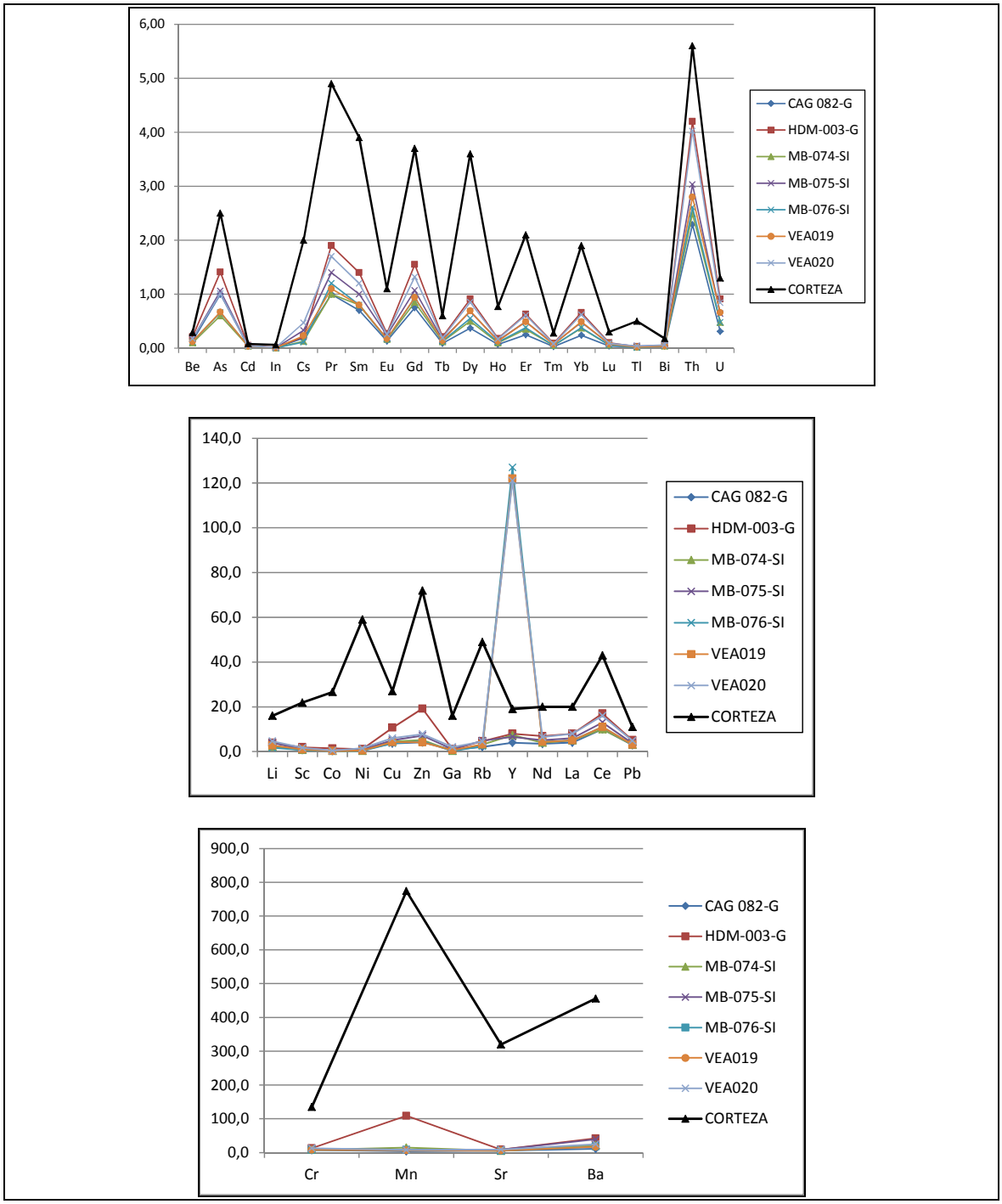

Figura 43. Curvas de distribución comparativa de los diferentes elementos analizados por ICP-MS. La curva negra representa los valores promedio de la corteza según Rudnick y Gao (2003). Los datos fueron separados dependiendo de la escala de comparación entre los diferentes elementos.

8. GEOLOGÍA ECONÓMICA

Debido a que no existen en el departamento del Vichada estudios detallados que indiquen la ubicación de yacimientos minerales de interés económico, no es posible adelantar proyectos de explotación de los mismos en la región. No obstante, con el desarrollo del proyecto de cartografía geológica del Bloque 9, se pretendió minimizar el vacío de información existente en el tema, a través del reconocimiento geoquímico del área, encontrando que existen manifestaciones de minerales que datan del Pleistoceno.

En Anexo D4 se presentan los resultados geoquímicos de la Plancha 254 (San José de Ocuné), se hace un análisis de los elementos metálicos que alcanzaron valores importantes, y que pueden significar posibles prospectos de yacimientos minerales. Estos se muestran a continuación divididos en tres grandes grupos: Tierras raras, materiales de construcción y minerales de Hierro y Aluminio.

8.1 TIERRAS RARAS

Para los elementos de este grupo, se efectuaron análisis con los métodos de Fluorescencia de Rayos X - FRX y de Espectrometría de Masas con Plasma Acoplado Inductivamente - ICP-MS, cuya relación total de resultados se presenta en la Tabla 28 (Rayos X – FRX) y Tabla 29 (ICP-MS). A continuación se presentan los elementos más representativos hallados en las muestras.

8.1.1 Fluorescencia de rayos X - FRX elementos mayores y menores

Mediante este métodos se realizaron análisis para los elementos mayores, menores y trazas, cuyos resultados son los siguientes.

8.1.1.1 Fluorescencia de rayos X – FRX elementos mayores.

Los elementos mayores, son aquellos que presentan una concentración mayor al 1% ppm (López *et al.*, 2007). A continuación se presentan cuatro (4) elementos metálicos más importantes analizados en las 33 muestras tomadas en la Plancha 254, que son: Óxido Titanio (TiO_2) en la Figura 44, Óxido de Silicio (SiO_2) en la Figura 45, Bauxita (Al_2O_3) en la Figura 46 y Óxido de Hierro (Fe_2O_3) en la Figura 47.

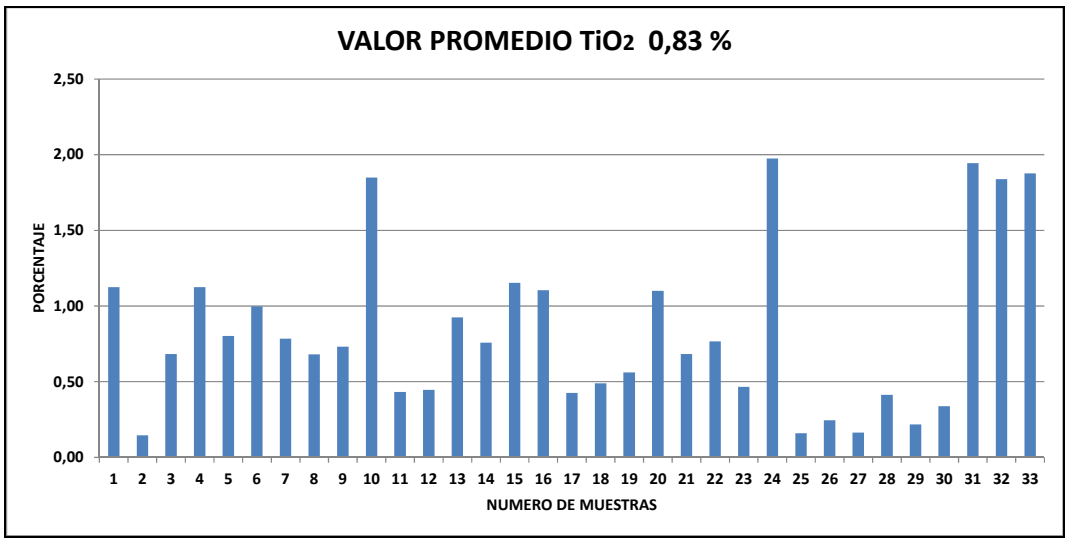

Figura 44. Gráfico estadístico (porcentaje vs. muestras) que indica la distribución del contenido de TiO_2 en las muestras analizadas mediante el método FRX, cuyo valor medio fue de 0,8%.

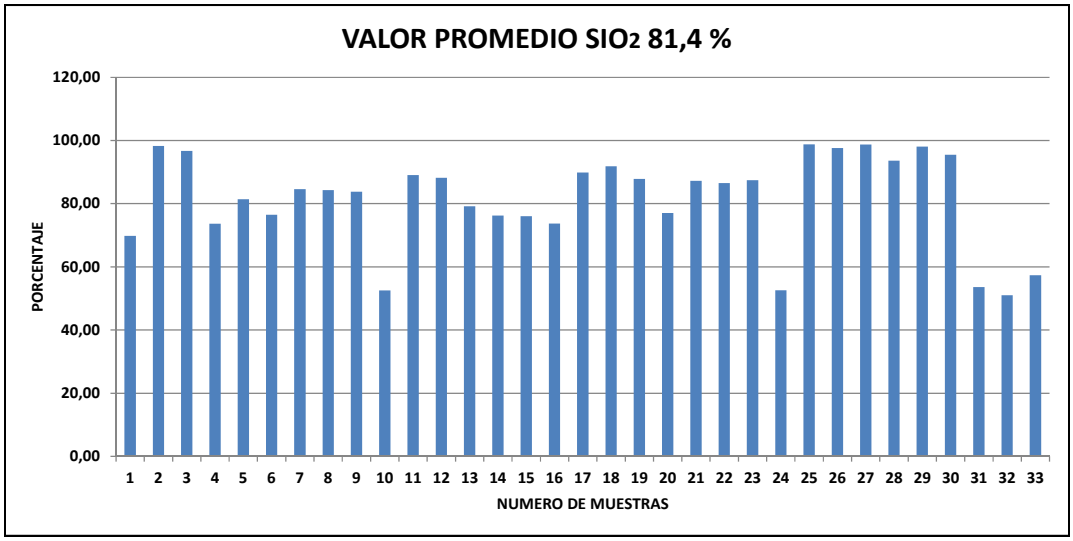

Figura 45. Gráfico estadístico (porcentaje vs. muestras) que indica la distribución del contenido de SiO_2 en las muestras analizadas mediante el método FRX, cuyo valor medio fue de 81,4%.

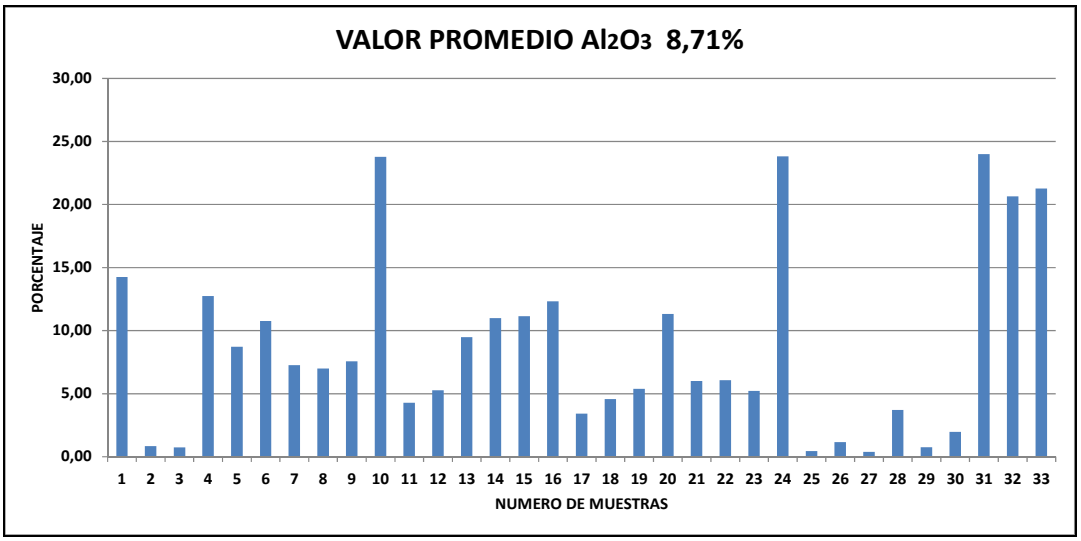

Figura 46. Gráfico estadístico (porcentaje vs. muestras) que indica la distribución del contenido de Al_2O_3 en las muestras analizadas mediante el método FRX, cuyo valor medio fue de 8,7%.

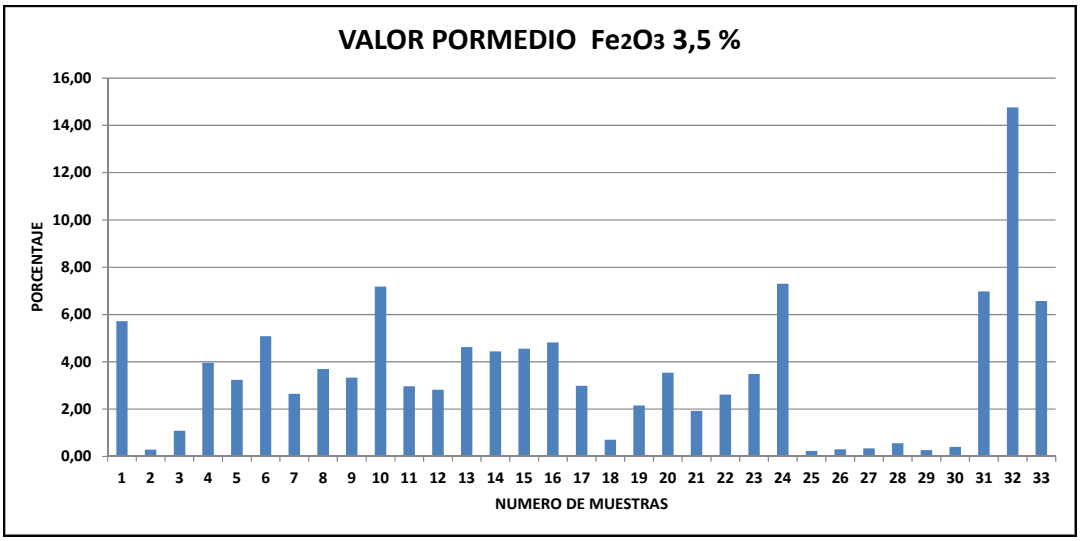

Figura 47. Gráfico estadístico (porcentaje vs. muestras) que indica la distribución del contenido de Fe_2O_3 en las muestras analizadas mediante el método FRX, cuyo valor medio fue del 3,5%.

Los resultados de estas muestras manifiestan porcentajes muy variados, moviéndose dentro de un amplio rango composicional de valores.

INGEOMINAS (2006), para los elementos Fe_2O_3, SiO_2 y Al_2O_3 reporta valores de 35%, 41% y 11%, respectivamente. Debe aclararse que el muestreo tomado por ellos se realizó en los niveles lateriticos asociados al Batolito de Parguaza. Teniendo en cuenta los datos anteriores, encontramos que en el área de estudio el SiO_2 presenta un valor promedio de 81,4%, es decir, que presenta una concentración alta. El Al_2O_3 tiene valores del 8,7% el cual, aunque se encuentran ligeramente por debajo de los reportados por INGEOMINAS para el área del Vichada, entran dentro del rango de aceptables. El Fe_2O_3 arrojó un valor de 3,5%, el cual se encuentra muy por debajo de lo reportado por INGEOMINAS. Los resultados obtenidos para el TiO_2 (un promedio de 0,8% de concentración del compuesto) se encuentran dentro de los valores esperados para la región, ya que los registros obtenidos en estudios anteriores –como el de Salinas *et al.* (1999)– este presenta un potencial bajo.

8.1.1.2 Fluorescencia de rayos X - FRX elementos menores y trazas

Como elementos menores se definen aquellos que presentan un valor de concentración en roca ubicado entre el 0,1% y el 1% (es decir, 1000 ppm y 10000 ppm, respectivamente); y los elementos trazas son aquellos que presentan una concentración menor al 0,1% (es decir, menor a 1000 ppm) (López *et al.*, 2007). Entre las muestras tomadas (Tabla 28), los elementos más importantes que alcanzaron valores significativos en cuanto a su contenido, se encuentran el Circonio, Vanadio y Niobio (Tabla 28), como se muestra en la Figura 48.

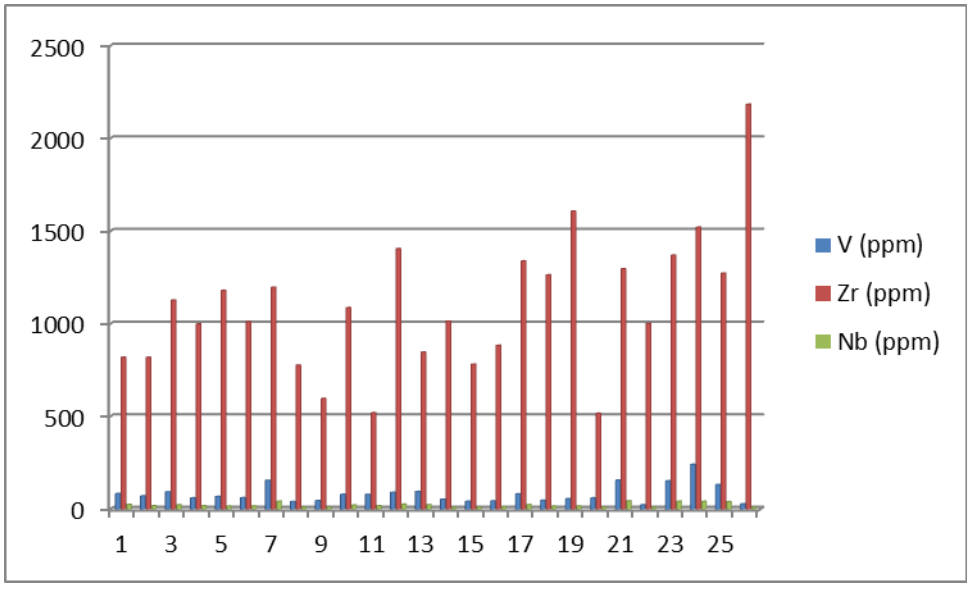

Figura 48. Gráfico estadístico (ppm vs. muestras) que indica la distribución de los elementos de Tierras Raras: Circonio (Zr), Vanadio (V) y Niobio (Nb), analizados mediante el método FRX.

Estos elementos corresponden al grupo de "Metales Especiales" de Muñoz & Gómez (1997), a continuación se analizan y se presentan los datos de anomalías que registraron cada uno de estos elementos, relacionados a la unidad y localidad en la que se tomó la muestra del sedimento activo.

Circonio (Zr)

En las muestras analizadas, el Circonio presenta un contenido promedio total del orden de los 1052,4 ppm. Existen quince (15) muestras anómalas (Tabla 21), cuyos valores en orden descendente son los siguientes:

Tabla 21. Resultados del Circonio (Zr).

Muestra	Resultado	Localidad	Unidad
HDM-003-G; 5,004,004	2183 ppm	Desembocadura caño en el río Vichada en San José de Ocuné	Qll
JRA-082-P; 5,004,129	1607 ppm	Ubicada en la vía a San José de Ocuné	Qpe
YPS-081-P; 5,004,134	1521 ppm	Ubicada en la vía hacia caño Samarro, sector de Santa Marta	Qcf
IQA-090-P; 5,004,122	1404 ppm	Ubicada en la vía La 14-Tres Matas	Qpe
YPS-065-P; 5,004,133	1369 ppm	Ubicada en la vía Cumaribo - caño Guacamayas	Qpe
JRA-078-P; 5,004,127	1338 ppm	Ubicada en la vereda Guacamayas	Qll
JRA-086-P; 5,004,131	1296 ppm	Vía de San José de Ocuné a Tres Matas	Qpe
YPS-082-P; 5,004,135	1272 ppm	Vía hacia caño Samarro, sector de Santa Marta	Qpe
JRA-080-P; 5,004,128	1263 ppm	Vía a San José de Ocuné	Qcf
IQA-067-P; 5,004,117	1196 ppm	Vía Cumaribo-La 14	Qpe
IQA-065-P; 5,004,115	1179 ppm	Vía Cumaribo-La 14	Qpe
IQA-088-P; 5,004,120	1086 ppm	Vía La 14-Tres Matas	Qpe
JRA-062-P2; 5,004,124	1013 ppm	Vereda Guacamayas	Qcf
IQA-066-P; 5,004,116	1010 ppm	Vía Cumaribo-La 14	Qpe
OM-004-P; 5,004,132	1001 ppm	Vía Cumaribo	Qcf

Vanadio (V)

El contenido de Vanadio en el total de muestras analizadas presenta un promedio del orden de los 81,5 ppm. Existen cuatro (4) muestras anómalas (Tabla 22), cuyos valores en orden descendente son los siguientes:

Tabla 22. Resultados del Vanadio (V).

Muestra	Resultado	Localidad	Unidad
YPS-081-P; 5,004,134	241 ppm	Vía hacia caño Samarro, Santa Marta	Qcf
JRA-086-P; 5,004,131	155 ppm	Vía de San José de Ocuné a Tres Matas	Qpe
IQA-067-P; 5,004,117	154 ppm	Vía Cumaribo-La 14	Qpe
YPS-082-P; 5,004,135	131 ppm	Vía hacia el caño Samarro	Qpe

Niobio (Nb)

El contenido del Niobio en las muestras analizadas presenta un promedio total del orden de los 20,7 ppm de los cuales existen cinco (5) muestras anómalas (Tabla 23), cuyos valores son los siguientes:

Tabla 23. Resultados del Niobio (Nb).

Muestras	Resultado	Localidad	Unidad
JRA-086-P; 5,004,131	43 ppm	Vía de San José de Ocuné a Tres Matas	Qpe
IQA-067-P; 5,004,117	41 ppm	Vía Cumaribo-La 14	Qpe
YPS-065-P; 5,004,133	41 ppm	vía Cumaribo - caño Guacamayas	Qpe
YPS-081-P; 5,004,134	41 ppm	vía hacia caño Samarro, sector de Santa Marta	Qcf
YPS-082-P; 5,004,135	39 ppm	Vía hacia el caño Samarro	Qpe

De acuerdo a Muñoz & Gómez (1997), este grupo de elementos corresponden al grupo de Metales Especiales de tierras raras, los cuales son los elementos formadores de mineralizaciones y de metales.

Para el análisis de estos resultados geoquímicos se tuvo en cuenta; origen, referencia y el proceso geológico para los elementos metálicos de interés; encontrando que los ambientes geoquímicos guardan relación con los depósitos sedimentarios, en los cuales han sucedido diferentes procesos geológicos como erosión, lateralización, meteorización entre otros. Además de estos eventos, INGEOMINAS (2006) ha reportado el evento “Ciclo Andino”, el cual se dio sobre la cordillera y la Orinoquía.

En cuanto al origen de los escasos (o desconocidos) depósitos minerales en esta parte del Vichada, se tiene que son de tipo residual, ya que su formación obedece a procesos climáticos, lixiviación química y al nivel de la tabla de agua, los cuales fueron muy comunes en el Vichada y que a su vez conllevó a la generación y concentración de elementos menos móviles y no meteorizables tal como han sido definido por (INGEOMINAS, 2006), y como sucede con los elementos de Circonio, Vanadio, y Niobio referenciados para el área de estudio.

Entre los elementos analizados se encontraron valores de concentración de; Vanadio, (81,5 ppm), Circonio (1052 ppm), y Niobio, (20,7 ppm), los cuales fueron tomados de los sedimentos activos, pertenecientes a las planicies aluviales que, así mismo, - corresponden a depósitos de tipo residuales y eluviales.

Teniendo en cuenta el estudio realizado por Buenaventura & Rosas (1989) al oriente de la Plancha 254, donde se ubica el Batolito de Parguaza cuyo origen

pegmatítico (fuente primaria), da un marco geológico ideal para generar elementos metálicos como; el Niobio que presenta promedio de 70 ppm, Estaño presenta valores de 5,6 ppm, y el Tantalio tiene un valor promedio de 4 ppm, valores que son considerado de interés económico.

Al analizar los anteriores resultados con los obtenidos en el área de trabajo se encuentra que; existen probabilidades de mineralizaciones, las cuales están asociadas a los depósitos residuales y al comparar los valores de los elementos; Vanadio, Circonio y Niobio con los de Buenaventura & Rosas (1989) se encuentran que aunque los valores son inferiores, presentan buenas posibilidades económicas y prospectivas para establecerse programas de exploración minera.

Además Salinas *et al.* (1999), en el estudio del Mapa Metalogénico de Colombia reporta que los minerales del grupo de metales especiales de tierras raras tales como Ti, Au, Metales nativos y Óxidos, han sido hallados en varios distritos del Vichada, con procesos genéticos que obedecen a la concentración mecánica residual.

La distribución geográfica de las muestras con contenidos anómalos de elementos menores y trazas de tierras raras, analizadas con el método de Fluorescencia de Rayos X – FRX elementos, se presentan en la Figura 49.

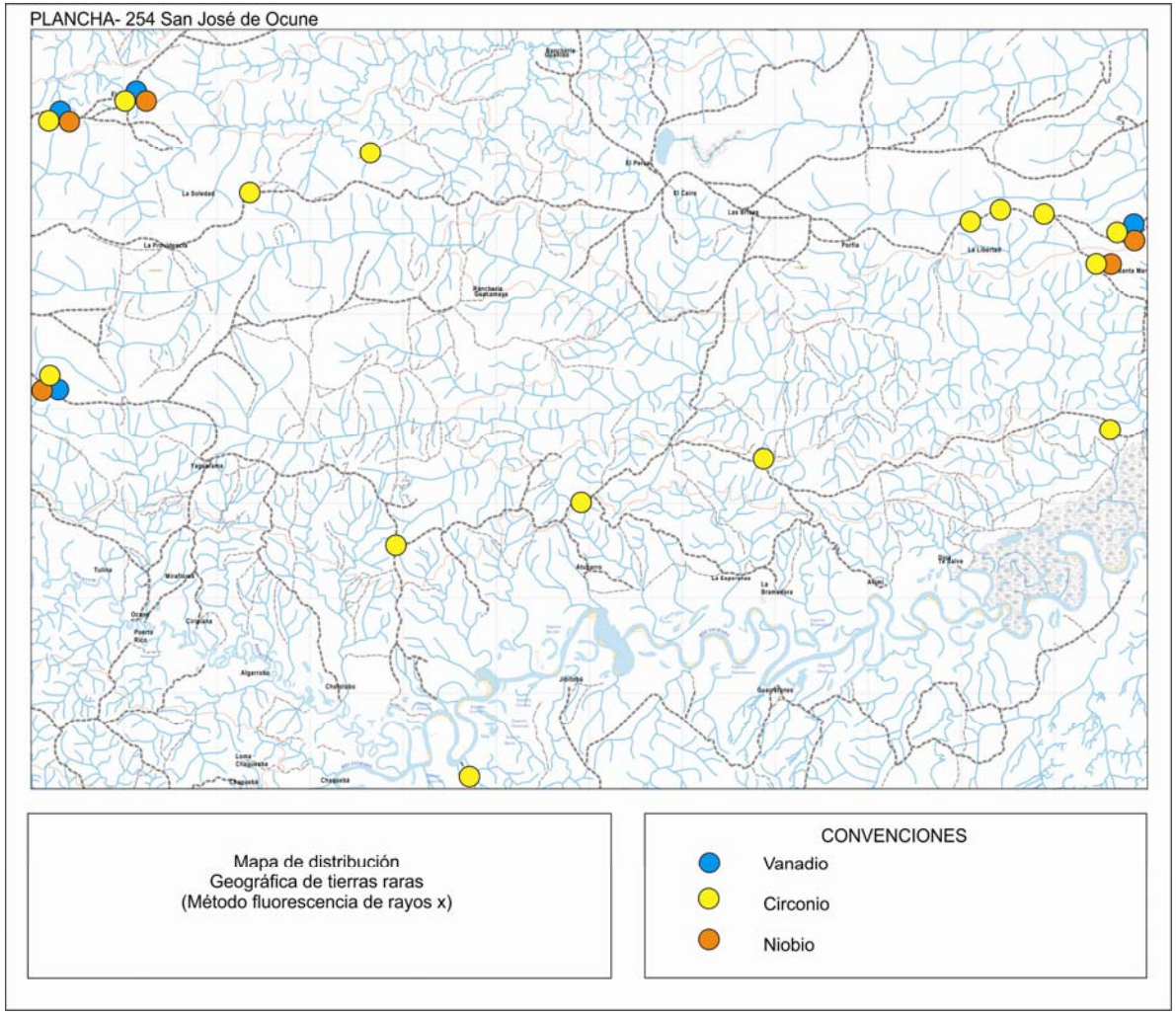

Figura 49. Distribución geográfica de elementos de tierras raras mediante el método de Fluorescencia de Rayos X – FRX de elementos menores y trazas.

8.1.2 Espectrometría de masas con plasma acoplado inductivamente ICP-MS

Los resultados obtenidos mediante el método “Espectrometría ICP-MS”, para los elementos metálicos (Cr, Mn, Ni, Cu, Y, Ba, La, Ce, Nd, Pb, Th y U), son presentados en la Tabla 29. Los metales de interés son graficados en la Figura 50, donde se observa que estos elementos metálicos alcanzaron valores significativos en su contenido y entre ellos están: Itrio, Manganeso y Bario.

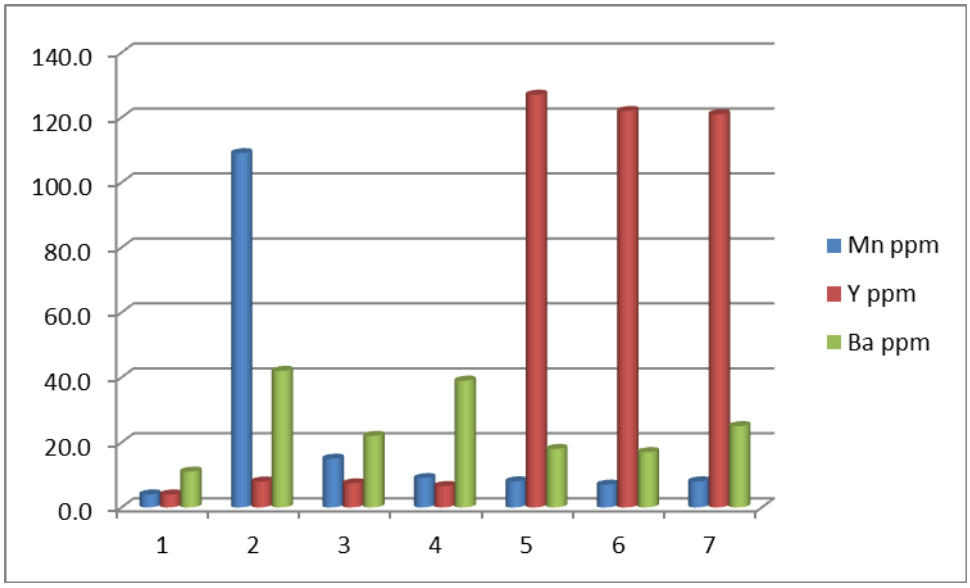

Figura 50. Gráfico estadístico (ppm vs. muestras) que indica la distribución de elementos metálicos y de tierras raras mediante el método ICP - MS.

Itrio (Y)

De los elementos más significativo está el Itrio, que hace parte de los elementos de las tierras raras que presentan un contenido promedio total del orden de las 57 ppm. Existen tres (3) muestras anómalas (Tabla 24), cuyos valores son los siguientes:

Tabla 24. Resultados del Itrio (Y).

Muestra	Resultado	Localidad	Unidad
MB-076- (5,004,032)	127 ppm.	Ubicada en la playa en la finca Puerto Rico.	Qac
VEA-019; (5,004,033)	122 ppm.	Ubicada en el Caño Guacamayas.	Qpe
VEA-020; (5,004,034)	121 ppm.	Ubicada en el Caño Guacamayas.	Qpe

Bario (Ba)

El Bario presenta un contenido promedio del orden de las 25 ppm. De las siete (7) muestras tomadas en campo (Tabla 29), sólo (3) de ellas presentan resultados significativos en Ba, como se muestra en la Tabla 25 que aparece a continuación.

Tabla 25. Resultado del Bario (Ba).

Muestra	Resultado	Localidad	Unidad
HDM-003-G; (5,004,053)	42 ppm.	Localizada en la desembocadura del caño San José de Ocuné.	Qll
MB-075-SI; (5,004,031)	39 ppm.	Ubicada sobre la margen derecha aguas abajo del río Muco.	Qac
VEA-020; (5,004,034)	25 ppm	Ubicada en el Caño Guacamayas.	Qpe

Manganeso (Mn)

El Manganeso presenta, un contenido promedio del orden de las 23 ppm, con un mayor contenido en la muestra que se presenta a continuación en la Tabla 26.

Tabla 26. Resultado del Manganeso (Mn).

Muestra	Resultado	Localidad	Unidad
HDM-003-G 5,004,004	109 ppm	Desembocadura caño en el río Vichada en San José de Ocuné	Qll

Cesio (Ce)

En las siete (7) muestras colectadas que muestra la Tabla 29, el Cesio presenta un contenido promedio del orden de las 13 ppm. Sin embargo, las muestras que presentan mayor contenido del elemento, son las muestras: HDM-003-G y VEA-020, que se presentan a continuación. (Tabla 27).

Tabla 27. Resultado del Cesio (Ce).

Muestra	Resultado	Localidad	Unidad
HDM-003-G; (5,004,053)	17 ppm.	Desembocadura caño en el río Vichada en San José de Ocuné	Qll
VEA-020; (5,004,034)	16 ppm	Ubicada en el Caño Guacamayas.	Qpe

Al analizar los resultados de las anteriores muestras de sedimentos activos, se encuentra que los valores promedios de los elementos: Itrio (57 ppm), Ba (25 ppm), Mn (23 ppm) y Ce (13 ppm); se encuentra que estos valores son inferiores en comparación con los valores reportados por Cristancho (1989),

para los elementos del grupo del Lantano que presentan valores entre las 50 y 70 ppm.
Además Salinas *et al.,* (1999), también han reportado que los elementos del grupo de metales nativos, de las regiones del Vichada presentan en sí, un potencial bajo en sus concentraciones.
Contrariamente, Muñoz & Gómez (1997) al definir ambientes geológicos, manifestaciones minerales y depósitos residuales en áreas semejante a las del vichada, sugiere la existencia de procesos de meteorización, los cuales generan suelos lateríticos residuales que potencialmente puede contener altos contenidos de metales de hidrosilicatos de níquel y -hacia la superficie- costras y caparazones de Hierro.

Lo anterior indica, que aún con bajos valores existe la posibilidad de depósitos rentables. Además, estos ambientes geológicos dan buenos indicios de hallar minerales metálicos -como Oro, Estaño, Uranio y Titanio- con potenciales de exploración que actualmente no cuentan con estudio alguno. Igual recomendación se encuentra en el estudio de (PRORADAM, 1979; En INGEOMINAS 2006), al mencionar que la región de Orinoquia y Amazonia existen buenas perspectivas para la exploración de tierras rara, Nb y Ta.

La distribución geográfica de las muestras con contenidos anómalos de los elementos de tierras raras más representativos hallados con el método de Espectrometría de masas con plasma acoplado inductivamente ICP-MS, se presenta a continuación en la
Figura 51.

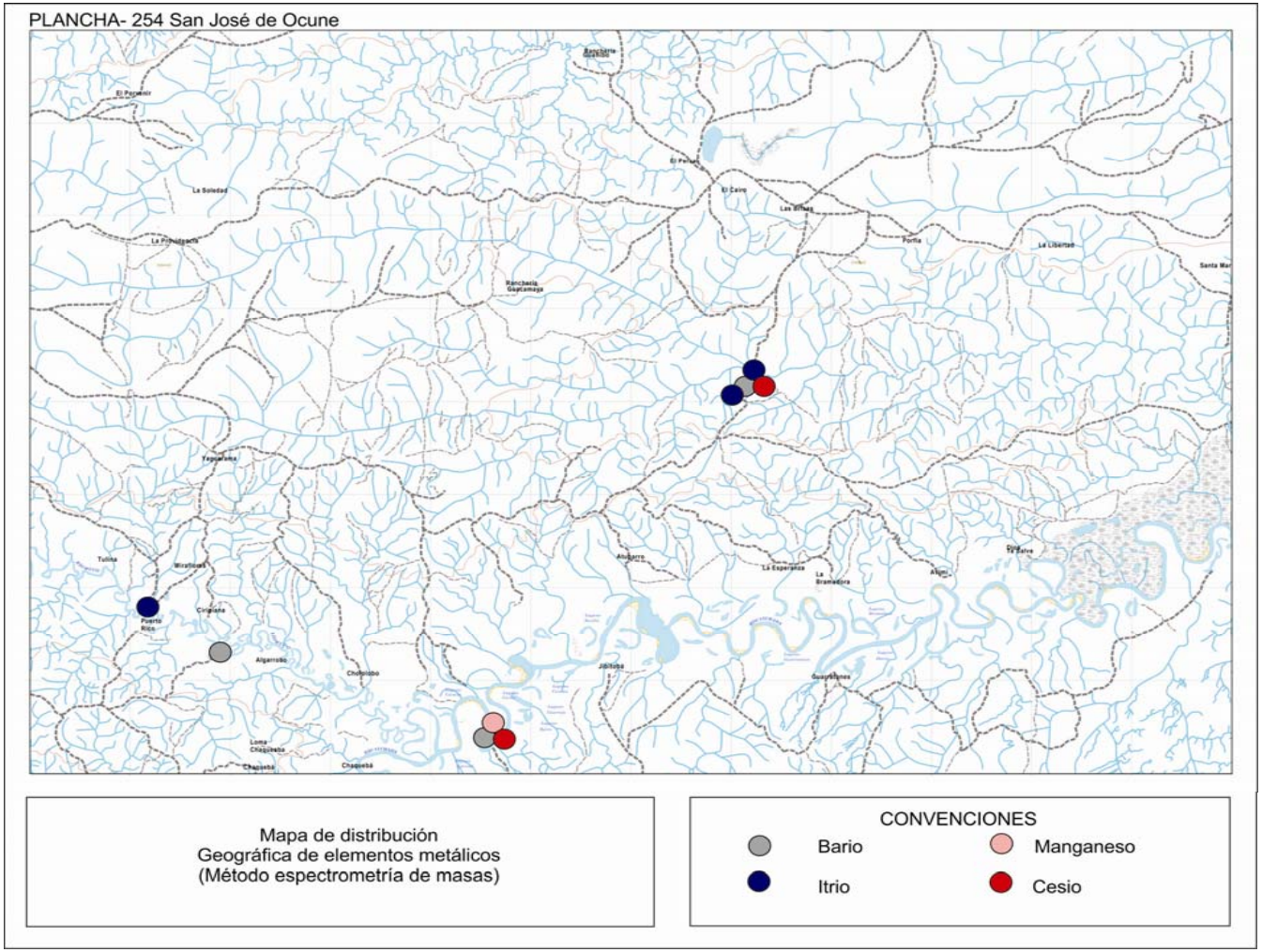

Figura 51. Distribución geográfica de elementos metálicos mediante el método de Espectrometría de Masas con Plasma Acoplado Inductivamente ICP – MS.

Tabla 28. Análisis de muestras con manifestaciones de elementos de Tierras Raras método fluorescencia de rayos X-FRX.

MUESTRAS CON MANIFESTACIONES DE ELEMENTOS DE TIERRAS RARAS PLANCHA 254 (San José de Ocuné)								
MUESTRA		UBICACIÓN		FLUORESCENCIA DE RAYOS X - FRX ELEMENTOS MAYORES	FLUORESCENCIA DE RAYOS X - FRX ELEMENTOS MENORES Y TRAZAS			GRAVIMETRÍA
IGM	N.° CAMPO	COORDENADAS		TiO_2	V	Zr	Nb	LOI
		Norte	Este	(%)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(%)
5,004,111	IQA-060-P	988,022	1,099,526	1.13	83	818	24	8.44
5,004,112	IQA-061-P	987,939	1,100,953	0.80	70	818	17	5.77
5,004,113	IQA-062-P	989,341	1,104,946	1.00	92	1127	22	6.53
5,004,114	IQA-063-P	988,215	1,107,637	0.78	60	998	17	4.58
5,004,115	IQA-065-P	990,606	1,112,596	0.68	67	1179	15	4.24
5,004,116	IQA-066-P	990,143	1,114,682	0.73	61	1010	16	4.51
5,004,117	IQA-067-P	988,696	1,119,744	1.85	154	1196	41	14.41
5,004,118	IQA-081-P	988,586	1,090,218	0.43	40	776	10	3.11
5,004,119	IQA-084-P1	990,834	1,089,828	0.45	45	596	10	2.97
5,004,120	IQA-088-P	993,836	1,078,432	0.93	79	1086	21	5.67
5,004,121	IQA-089	994,598	1,080,390	0.76	78	519	17	7.40
5,004,122	IQA-090-P	991,245	1,072,398	1.15	90	1404	26	6.93
5,004,123	IQA-091-P	989,141	1,065,923	1.11	94	846	23	7.87
5,004,124	JRA-062-P2	979,078	1,117,940	0.43	52	1013	9	3.07
5,004,125	JRA-064	979,802	1,115,565	0.49	42	781	10	2.17
5,004,126	JRA-067-P	978,393	1,110,384	0.56	43	883	12	3.96
5,004,127	JRA-078-P	977,347	1,099,013	1.10	81	1338	23	6.63
5,004,128	JRA-080-P	975,127	1,089,496	0.68	47	1263	15	3.90
5,004,129	JRA-082-P	972,885	1,080,064	0.77	55	1607	16	3.78
5,004,130	JRA-085-P	976,588	1,074,559	0.47	60	516	10	3.37

MUESTRAS CON MANIFESTACIONES DE ELEMENTOS DE TIERRAS RARAS PLANCHA 254 (San José de Ocuné)								
MUESTRA		**UBICACIÓN**		**FLUORESCENCIA DE RAYOS X - FRX ELEMENTOS MAYORES**	**FLUORESCENCIA DE RAYOS X - FRX ELEMENTOS MENORES Y TRAZAS**			**GRAVIMETRÍA**
IGM	**No CAMPO**	**COORDENADAS**		**TiO_2**	**V**	**Zr**	**Nb**	**LOI**
		Norte	**Este**	**(%)**	**(ppm)**	**(ppm)**	**(ppm)**	**(%)**
5,004,131	JRA-086-P	981,460	1,060,516	1.98	155	1296	43	13.98
5,004,132	OM-004-P	989,596	1,110,020	0.41	22	1001	9	1.33
5,004,133	YPS-065-P	987,752	1,117,439	1.94	151	1369	41	13.15
5,004,134	YPS-081-P	996,769	1,065,392	1.84	241	1521	41	10.81
5,004,135	YPS-082-P	995,073	1,061,845	1.88	131	1272	39	12.58
5,004,004	HDM-003-G	961,556	1,083,427	0.68	28	2183	9	0.39

Tabla 29. Análisis de muestras con manifestaciones de elementos de Tierras Raras método de espectrometría de masas ICP-MS.

Levantamiento de la Cartografía Geológica y Exploración Geoquímica de la Plancha 254 (San José de Ocuné).																		
TÉCNICA		**COORDENADAS**		**MÉTODO: ESPECTROMETRÍA DE MASAS CON PLASMA ACOPLADO INDUCTIVAMENTE - ICP-MS -**														
ID MUESTRA	**NÚMERO DE CAMPO**			**Ni**	**Cu**	**Zn**	**Ga**	**As**	**Sr**	**Y**	**Ba**	**La**	**Ce**	**Nd**	**Pb**	**Th**	**U**
		NORTE	**ESTE**	**ppm**	**ppm**	**ppm**	**ppm**	**ppm**	**ppm**	**ppm**	**ppm**	**ppm**	**ppm**	**ppm**	**ppm**	**ppm**	**ppm**
				µg/g	**µg/g**	**µg/g**	**µg/g**	**µg/g**	**µg/g**	**µg/g**	**µg/g**	**µg/g**	**µg/g**	**µg/g**	**µg/g**	**µg/g**	**µg/g**
36471 I	CAG 082-G	999101	1087271	0.80	3.6	4.1	0.85	1.0	6	4.0	11	4	10	3.5	2.9	2.3	0.31
36475 I	HDM-003-G	961556	1083427	1.1	11	19	1.1	1.4	9	8.0	42	8	17	6.9	5.1	4.2	0.91
36501 I	MB-074-SI	965223	1071320	0.30	4.5	5.2	0.25	0.60	5	7.4	22	5	10	4.0	3	2.5	0.48
36502 I	MB-075-SI	966395	1069632	1.0	5.1	7.1	1.0	1.1	9	6.6	39	6	13	5.1	3.7	3.0	0.64
36503 I	MB-076-SI	968325	1065389	0.30	3.7	4.6	0.24	0.66	5	**127**	18	5	11	4.4	3	2.6	0.48
36504 I	VEA019	981521	1095185	0.50	4.2	4.1	0.63	0.67	6	**122**	17	5	11	4.3	3.1	2.8	0.66
36505 I	VEA020	981912	1096113	1.5	6.0	7.8	2.0	1.0	9	**121**	25	8	16	6.4	4.8	4.0	0.84

8.2 MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Los materiales de construcción son extraídos de diversos sectores de la Plancha 254 y básicamente de los ríos Muco, y Vichada, de donde se extraen gravas y arenas que son utilizados para el afirmado de vías, y como materiales de construcción.

En este proyecto se efectuó análisis de granulometría a cuatro (4) muestras IQA-063-P, IQA-081-P e IQA-091-P, OM-004-P, las cuales presentaron tendencias del 90% en arena de tamaño, fino. Las muestras anteriormente mencionadas corresponden a los Depósitos Qpe y Qcf (Anexo D5 y Tabla 30).

En campo se apreciaron varios niveles o bancos de arenas con espesores entre 1 a 3 metros, de grano medio, friables, libre de arcillas y de buena selección, pertenecientes al Depósito de arenas Eólicas, lo que las convierte en materiales ideales para diferentes tipos de infraestructuras.

Tabla 30. Ensayo granulométrico para fuentes agregados.

ENSAYO DE GRANULOMETRÍA DE AGREGADOS PLANCHA 254 (San José de Ocuné)						
CONSECUTIVO SGC	No. CAMPO	PLANCHA	COORDENADAS		LOCALIZACIÓN	ANÁLISIS
			NORTE	ESTE		
5,004,114	IQA-063-P	254-II	988,215	1,107,637	Vía Cumaribo-La 14	Arena fina (96,3)
5,004,118	IQA-081-P	254-II	988,586	1,090,218	Vía La 14-Caño Guacamayas	Arena fina (93,8)
5,004,123	IQA-091-P	254-I	989,141	1,065,923	Vía La 14-Tres Matas	Arena fina a muy fina (96,3)
5,004,132	OM-004-P	254	989,596	1,110,002	Sector de La Libertad	Arena fina a muy fina (92,3)

8.3 MINERALES DE HIERRO Y ALUMINIO

Galvis (1990) ha documentado que durante el Terciario inferior, se dieron depósitos de hierro oolítico en varias regiones del país como en Vichada, los cuales están ampliamente relacionadas con los procesos de laterización del Eoceno, en donde se originaron diferentes minerales metalogénicos entre ellos; níquel, al igual que bauxitas. Posteriormente se dieron procesos edáficos y de meteorización durante el Pleistoceno, que dio lugar a la formación de arcillas de bauxitas.

En cuanto a los resultados obtenidos en las 33 muestras para Hierro y Aluminio, se encontraron los siguientes valores: en Fe_2O_3 se obtuvo un promedio de 3,5%, y en Al_2O_3 un valor de 8,7% (Figura 46 y Figura 47). Al comparar estos valores, con los de INGEOMINAS (2006), se encuentra que el Fe_2O_3, tiene valores entre 16 al 48% y el Al_2O_3, presenta valores entre 5.5 a 17%. Esto indica que la bauxita entra dentro del rango de aceptables. En tanto que el Fe_2O_3 arrojó un valor que se encuentra por debajo de lo reportado por INGEOMINAS.

Finalmente, cabe mencionar que la génesis mineralógica de esta región está involucrada con la secuencia estratigráfica de la región de los llanos orientales de Colombia. Ésta última zona está conformada por un basamento que es suprayacido por metasedimentos y metapelitas del Cretáceo-Terciario y sobre este conjunto reposan los depósitos cuaternarios como los del área de estudio, esto hace que la región, sea un área de prospectiva para la explotación de minerales como el Fe, Au, Tierras raras, W, Sn y U, ya que estos elementos se generan en depósitos aluviales y residuales, además que no están lejos de su fuente primaria, como es el escudo de Guyana.

9. AMENAZAS NATURALES

El reconocimiento de los procesos de erosión y sedimentación es un aspecto importante para la determinación de fenómenos y amenazas naturales (Cuéllar, 1998; En: Carvajal 2012). Una correcta planificación de la ocupación de un área debe entonces considerar la evaluación de la vulnerabilidad de los elementos expuestos (cultivos, infraestructura, etc.) ante las diferentes amenazas por deslizamientos o inundaciones. De esta manera se dimensionan los riesgos y con esto las posibles pérdidas económicas que deben asumirse o evitarse cuando se lleva a cabo un proyecto en un área determinada (Quintero, 1976; En: Carvajal, 2012).

El medio ambiente se hace cada día más vulnerable y susceptible a desastres naturales causados por inundaciones, sequías, terremotos, fuertes vientos, etc., fenómenos que se vienen presentando tanto a nivel regional como local (Carvajal, 2012). Casos específicos de estos desastres son las inundaciones causadas por las intensas lluvias generadas por el fenómeno de La Niña que han afectado al departamento del Vichada durante los últimos meses, así como también daños en la infraestructura vial de la zona.

En el área de la Plancha 254, las amenazas naturales que se presentan son dadas por procesos de escorrentía (inundaciones y desbordamiento), procesos erosivos (carcavamiento y erosión lateral fluvial) y fenómenos de desertificación, que producen esterilización y pérdida de los suelos.

9.1 PROCESOS DE ESCORRENTIA - INUNDACIONES.

El proceso de escorrentía se da cuando las aguas caen y corren sobre una superficie impermeable durante los eventos de lluvias. Estas aguas en lugar de introducirse en el suelo, corren sobre las superficies y llegan a los drenajes fluviales. En este recorrido las aguas erosionan y arrastran material sedimentario.

En estos fenómenos se da el desbordamiento de los ríos, cuando se excede la capacidad de los canales para conducir el agua; desbordando las márgenes del

río, producto de la excesiva escorrentía como consecuencia de fuertes precipitaciones, lo que conlleva a que grandes extensiones de terrenos bajos y altos se vea inundados durante los periodos invernales a causa de que los drenajes de las diferentes corrientes se desbordan alcanzando áreas pobladas, de cultivos así como de vías. Cuando ocurre este fenómeno de inundación en la región del Vichada, ésta se paralizada completamente.

Estos procesos son comunes en los sectores de los ríos Muco y Vichada, donde los suelos se saturan al igual que las carreteras, terrenos bajos, zonas de cultivos y en sitios poblados, En la Figura 52, se muestran sabanas de inundación.

Figura 52. Sabanas de inundación donde los suelos de la Unidad Qpe y Qll, han sido colmatados por las aguas lluvias. Via la caño Samarro. YPS -082. Coordenadas N=995.073 E= 1´061.845.

Dentro de las condiciones necesarias para que se produzca este fenómeno están: 1) los sedimentos licuables, preferiblemente arenas bien calibradas con espesores idealmente entre 1 m y 3 m, localizados a profundidades menores de 15 m, y 2) un nivel freático superficial preferiblemente por encima de los 5 m de profundidad.

La amenaza alta por licuación puede determinarse en aquellos sitios con mayor inundabilidad y posibilidad de formación de depósitos aluviales espesos inconsolidados. En general el riesgo disminuye debido a la poca infraestructura instalada en estas áreas. Por tal razón, en el área de la Plancha 254 del Bloque 9 puede catalogarse como zonas de amenaza baja por licuación.

En general los resultados de este tipo de estudios geológicos, integrados en los planes de desarrollo territorial, contribuyen a identificar las medidas necesarias

para mitigar los impactos y posibles daños causados por fenómenos naturales como la inundación.

9.2 PROCESOS EROSIVOS

Los procesos de erosión en el área del Vichada, tiene tres efectos principales: 1) La pérdida de soportes y nutrientes necesarios para el crecimiento de los cultivos; 2) El daño causado por los sedimentos acumulados río abajo y 3) la reducción de la capacidad de almacenamiento de agua por la pérdida de suelos reduciendo el flujo natural de las cuencas.

En el área de la Plancha 254, los procesos de erosión presentan diversos tipos de erosión, entre los que sobresalen: la erosión fluvial lateral y el carcavamiento.

9.2.1 Erosión fluvial lateral

La amenaza por procesos erosivos en el departamento del Vichada se presenta en las márgenes de los ríos Muco y Guarrojo, donde ocurren deslizamientos y avalanchas generando flujos de lodo y detritos. En el área de estudio los aspectos que disminuyen estas amenazas son; el poco desarrollo de suelo orgánico y el carácter de las zonas planas (Figura 53).

Figura 53. Procesos erosivos y formación de flujos de detritos en los depósitos no consolidados de horizontes varicoloreados de arcillas. Sector San José de Ocuné (rivera del Río Vichada). Estación HDM-003, Coordenadas N: 961,556; E: 1’083,427

9.2.2 Carcavamiento

El carcavamiento es un tipo de erosión estrecha y profunda comúnmente asociado a zonas de vegetación ausente o escasa, que se forma por la acción erosiva de las aguas de lluvia. La amenaza por carcavamiento se concentra en las partes medias de las laderas en los bordes de drenajes de escorrentía natural, donde las pendientes son más altas (Figura 54).

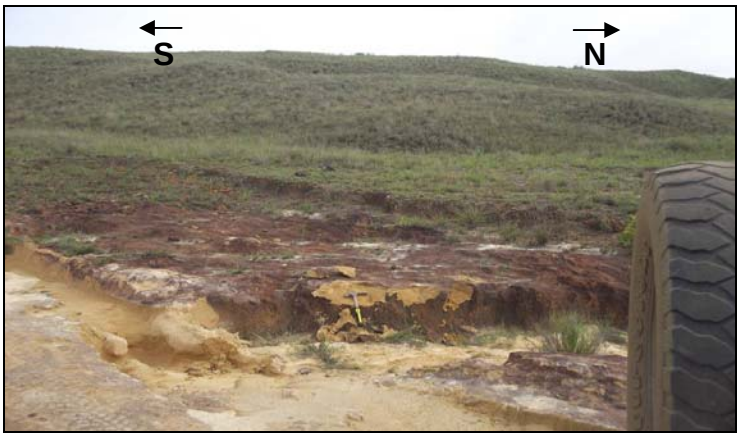

Figura 54. Formación de cárcavas como producto del lavado de las laderas en los bordes de los drenajes de escorrentía natural. vía Vereda Guacamayas. Estación Geológica JRA-064. Coordenadas N= 979,802, E= 1,115,565, Cota= 303 m.s.n.m., en la.

9.3 AMENAZA SISMICA

La amenaza sísmica se define como la probabilidad de que un parámetro como la aceleración, la velocidad o el desplazamiento del terreno, sea producido por un sismo, que supera o iguala un nivel de referencia de sismicidad, establecido por Red sismológica Nacional de Colombia.

El riesgo sísmico se refiere a la probabilidad de que los elementos expuestos (vidas humanas, infraestructura, etc.), sufran daños o pérdidas debido a la ocurrencia de un sismo (Quintero, 1976; En: Carvajal, 2012).

Por otra parte, se puede observar en la
Figura **55** que los epicentros registrados por INGEOMINAS, en la región de los llanos orientales son muy escasos y de poca profundidad. Estos fenómenos son aún más nulos en la región de la Orinoquía. El área de trabajo se encuentra en la región del Vichada en el que riesgo por amenazas sísmica es baja, debido a que la zona tectónicamente es muy estable.

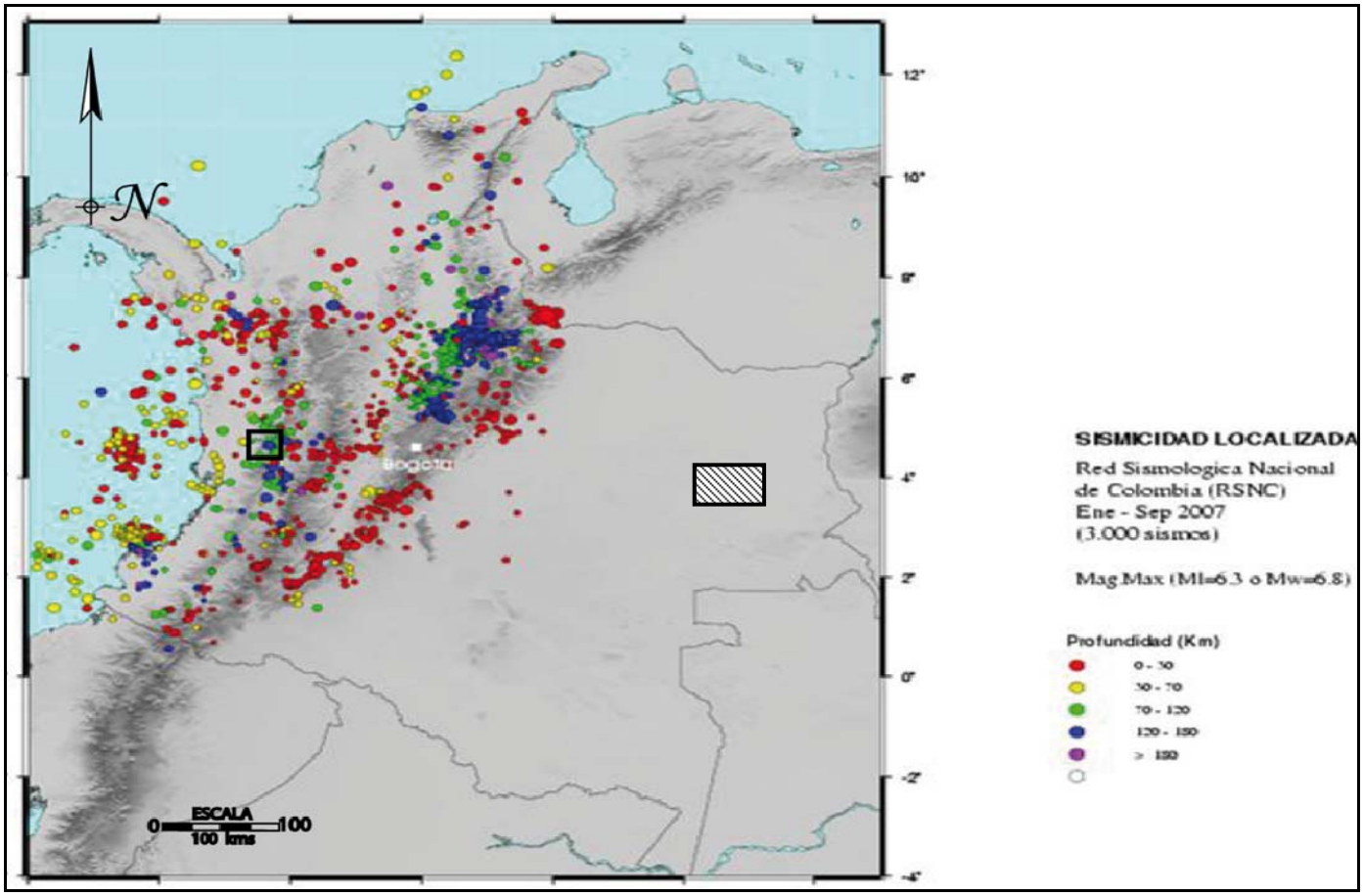

Figura 55. Mapa de Focos Sísmicos de Colombia. El área de estudio (Departamento del Vichada), se encuentra en el rectángulo

10. PATRIMONIO GEOLÓGICO

El Departamento del Vichada presenta destacados sitios de interés que por su importancia científica, sociocultural, educativa, turística y económica, y por tener recursos naturales no renovables, merecen especial atención, cuidado y conservación.

Para lo cual en este informe reporta aquellos sitios que por sus características merecen ser catalogados dentro del Patrimonio Geológico del departamento, y que abarcan diferentes aspectos de la geología como la mineralogía, petrografía, estratigrafía, hidrogeología y geomorfología, los cuales resaltan a lo largo y ancho de toda la geografía de la Plancha 254 del departamento del Vichada.

10.1 FUNDAMENTO TEÓRICO

En la publicación "*Patrimonio Geológico*", de la serie Ingeniería Geoambiental (ITGE, 1992), se da la siguiente definición de patrimonio geológico:

"El patrimonio geológico está constituido por todos aquellos recursos naturales, no renovables, ya sean formaciones rocosas, estructuras, acumulaciones sedimentarias, formas, paisajes, yacimientos minerales o paleontológicos o colecciones de objetos geológicos de valor científico, cultural o educativo y/o de interés paisajístico o recreativo. Su exposición y contenido será además especialmente adecuado para reconocer, estudiar e interpretar, la evolución de la historia geológica que ha modelado la tierra".

En este trabajo los puntos o lugares de interés geológico son aquellos que poseen componentes fundamentales de Patrimonio Geológico y corresponden a aquellos sitios en que afloran, o son visibles, los rasgos geológicos más característicos y mejor representativos de la Plancha 254 del departamento del Vichada. Su estudio, inventario, divulgación y protección, es de gran importancia, dado que, además de su degradación casi siempre irreversible, su conocimiento y cuidado es considerado como una característica de los países culturalmente avanzados, formando una parte fundamental de su patrimonio cultural. En este sentido es importante recordar y resaltar, cómo algunas

singularidades geológicas determinan la organización social y buena parte del desarrollo y enriquecimiento económico, cultural y científico de las poblaciones y entornos donde este Patrimonio Natural se manifiesta.

En Colombia no se han desarrollado normas legales concretas orientadas a la protección del Patrimonio Geológico, sin embargo, a partir de la Constitución Nacional de 1991, los recursos naturales no renovables son cobijados por algunos artículos en procuran su preservación y uso planificado.

En el artículo 79, el Estado asume el deber de "Proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos objetivos" (Constitución Nacional, 1991). El artículo 80, obliga al Estado a planificar el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución.

La ley 23/73 reconoce, en su artículo 2, al medio ambiente como un patrimonio común, y exhorta a los particulares y al Estado a velar por su mejoramiento y conservación. La ley 99/73, en su artículo 1 numeral 9, ordena la protección del paisaje por ser catalogado como un patrimonio común.

Adicional a las normas ya citadas, los artículos 360, 361 de la Constitución Política de Colombia de 1991; la ley 491/99 y los decretos 281/74, 1715/78, y 1974/89, aportan elementos a la conservación, uso y explotación racional de recursos naturales no renovables (Ballesteros, 2002).

10.2 CATEGORÍAS DE CLASIFICACIÓN DE LOS GEOTOPOS

Las Categorías de Clasificación de los Geotopos más representativos, se basa en la propuesta de Wimbledon (1996), modificada en Pisciotti (2001), donde se incluyen y definen las categorías de clasificación así: el grado de importancia de los Geotopos propuestos varía en una escala de 1 a 5, entre moderadamente importante, importante, normal, muy importante y extremadamente importante; siendo éste último el de mayor valor. Para lo cual en la (Tabla 31), se presentan la clasificación de geotopos que está debidamente adaptada al área de estudio

Tabla 31. Categorías de clasificación para Geotopos (Tomado de Winbledon, 1996).

Categoría	Rasgos Fundamentales
Geotopo Estratigráfico	Secciones Estratigráficas. Tipos de contactos que ilustren cambios en los ambientes geológicos. Secciones con particulares estructuras sedimentarías.
Geotopo Geomorfológico	Zonas que ilustren procesos geomorfológicos tales como: Glaciares, cársticos, volcánicos, eólicos, fluviales, lacustres, erosivos y expresiones paisajísticas.
Geotopo Estructural – Tectónico	Fallas de importancia particular Pliegues, sistemas de pliegues, overthrust. Estructuras de particular interés y singularidad.
Geotopo Hidrogeológico	Manantiales de agua, Sumideros, Cuencas Hidrográficas. Corrientes Subterráneas, Importantes manantiales por la química del agua.
Geotopo Petrográfico y Mineralógico	Depósitos minerales sin importancia económica. Depósitos minerales con importancia económica Deposito minerales raros.
Geotopo Paleontológico	Depósitos de Fósiles Invertebrados. Depósitos de Fósiles Vertebrados. Depósitos de Fósiles de Plantas.
Geotopo de Museos y Colecciones.	Principales museos científicos en el área de investigación.

Dada las características de la Plancha 254 perteneciente a este estudio, el geotopo Estructural-Tectónico, Paleontológico, así como el geotopo de Museos y colecciones, no serán tratados en este Informe. Los geotopos de interés para este estudio se presentan a continuación.

10.2.1 Categoría estratigráfica

Dentro de esta categoría se incluyen los geotopos que por su información geológica e importancia, ilustran tipos de contactos que puedan indicar variaciones fundamentales en las condiciones genéticas de las formaciones geológicas, secciones tipo, características faciales muy singulares y particulares; en la cual se representan las localidades tipo y de referencia más representativas del departamento, en esta se expone la estratigrafía detallada de una formación específica, lo cual tiene un carácter educativo del que se puede obtener información para la enseñanza y para investigaciones más detalladas.

En la zona de estudio se observan procesos que permitieron la formación de depósitos asociados a costras ferruginosas, así como de depósitos asociados a la actividad fluvial, principalmente con relación al río Muco. La importancia de este último, radica en ser ejemplo de los procesos de depositación en ambientes fluviales meandriformes modernos (
Figura 56).

Figura 56. Vista en el río Muco, donde se observa depósitos de cauce aluvial (parte derecha), y donde el rio se amortigua formando un amplio meandro. Finca Algarrobo. Estación MB-075. Coordenadas N: 966395, E: 1069632.

10.2.2 Categoría petrográfica y mineralógica

Para la parte de petrografía y mineralogía se toman detalles de importancia como ubicación específica del yacimiento mineral. Es característica la forma de ocurrencia de las mineralizaciones, la abundancia de los mismos, su utilidad, su valor económico, calidad, aplicación industrial y reservas aproximadas en cuanto a la producción minera. En la parte petrográfica se destacan aquellos yacimientos que presenten un importante valor científico para investigaciones y análisis geoquímicos, minerales raros o poco comunes, y otros representativos.

El departamento del Vichada en su Plancha 254, presenta características petrográficas y mineralógicas de importancia, que se destacan tanto para el interés científico como para la exploración mineral, los cuales hacen parte de los resultados presentados dentro del presente proyecto. Entre ellos se destaca, en algunas muestras, la presencia de fracturamiento de tipo lineal en aproximadamente un 50% de los granos de cuarzo, posiblemente resultado de un evento de impacto, ya que dichas fracturas no presentan brechamiento o milonitización, frecuentemente asociado a tectonismo (Anexo D2) (
Figura 24). La sección delgada de la estación OM-003, corresponde a una Litoarenita ferruginosa de grano medio. Algunos fragmentos líticos se presentan internamente cementados por óxido de manganeso. Se Observa fracturamiento

lineal y un aumento de la porosidad por la disolución parcial del cuarzo observada a lo largo de las microfracturas y en los bordes de los granos

10.2.3 Categoría geomorfológica

Los geotopos relacionados con las formas del paisaje son la expresión de procesos geológicos como: depósitos aluviales, geoformas de erosión, terrazas fluviales o maréales, altos estructurales, cráteres, conos de escoria, calderas glaciares, vulcanismo, procesos cársticos, etc.- están asociados a este tipo de geotopo.

En el área de la Plancha 254, se presentan fuertes evidencias de procesos aluviales relacionados con el drenaje principal del departamento -como es el río Vichada-, así como de sus afluentes, el río Muco y el caño Guacamayas, y su influencia en la depositación de sedimentos durante la migración del mismo. Los geotopos de las geoformas descritas , permiten observar principalmente variaciones en el paisaje relacionado a la dinámica fluvial (Figura 57) y a los contrastes de vegetación entre sabanas y zonas más selváticas.

Figura 57. Panorama del recurso hídrico de la Laguna de Jabané, la cual está conectada al río Vichada (margen izquierda). Estación MB-009. Coordenadas N: 982187, E: 1139678.

Adicionalmente, se observa la presencia de geoformas como colinas , las cuales se encuentran asociadas a la presencia de costras ferruginosas (Qcf), las cuales dominan en grandes áreas del paisaje (
Figura 58).

Figura 58. Vía principal Puerto Rico - Guanape. Orientación de la foto 220□. Panorámica donde se aprecian colinas de costras ferruginosas (Qcf) dominando el paisaje. Las costras se encuentran dispuestas en fragmentos sobre la superficie. **.** Estación YPS-036. Coordenadas N: 965106, E: 1064300.

10.2.4 Categoría hidrogeológica

Estos geotopos reúnen las principales corrientes superficiales y subterráneas modeladoras del paisaje de una región, además de los manantiales y sumideros.

El territorio del Vichada presenta abundantes recursos hídricos y su red hidrográfica se encuentra conformada por numerosos ríos, quebradas, y corrientes menores, destacándose la importancia de la cuenca del río Vichada (Figura 59), que tiene de afluentes principales -en la Plancha 254- al río Muco y al caño Guacamayas (
Figura 3). Las zonas de inundación de estos afluentes, así como sus corrientes menores, generan en épocas de invierno zonas pantanosas de gran extensión, así como otras manifestaciones asociadas

Figura 59. Río Vichada, vista desde el aire, donde se observa meandros con formas cóncavas a convexas, menadros abandonados, zonas de vegetación de galería y depósitos de llanuras de inundación y cauce aluvial.

11 . EVOLUCIÓN GEOLÓGICA

El área de estudio está localizada en el sector centro-oriental de la región geográfica conocida como Orinoquía Colombiana. Limita al oriente con el río Orinoco, Al norte con los departamentos de Arauca y Meta, al occidente con el piedemonte de la Cordillera Oriental, al suroccidente con el río Guaviare y al sur con la divisoria de aguas entre los ríos Guaviare y Vichada (INGEOMINAS & IDEAM, 2010).

Dentro del marco geológico en que se ha definido a la cuenca de los Llanos Orientales, ésta corresponde a un sistema continental de antepaís (Bayona *et al.*, 2008), cuyos límites geológicos han sido señalados por Cooper *et al.* (1995) de la siguiente forma: al occidente se encuentra el sistema de fallas del piedemonte llanero y al oriente se localiza el Escudo de la Guyana (

Figura 60).

Galvis & Perilla (2001), mencionan que la evolución geológica en este sector de los llanos colombianos, estuvo presidida desde el Proterozoico por múltiples episodios de vulcanismo, pulsos magmáticos, sedimentación continental y marina; seguido de un gran período del cual no hay registro litológico. También mencionan que hacia el Cenozoico las condiciones de sedimentación y del clima, determinaron el origen de las sabanas y el desarrollo de suelos lateríticos.

En el área de trabajo (Bloque 9), las unidades que se han cartografiado corresponden al periodo Pleistoceno, cuando se dieron episodios de pulsos tectónicos (Goosen, 1971. En: INGEOMINAS & IDEAM, 2010); esto conllevó a la configuración y control geomorfológico y sedimentario en esta región de la cuenca.

Otro factor determinante en la geología de la cuenca, ha sido el clima (Bayona *et al.*, 2008); que dio origen a los numerosos ríos y a las grandes extensiones de sabanas, sobre las cuales se depositaron sedimentos de origen eólico, aluviales y fluviales (INGEOMINAS, 2006). Los análisis petrográficos indican que el área fuente corresponde a rocas remantes del Escudo de la Guyana y a rocas provenientes de la Cordillera Oriental (

Figura 60).

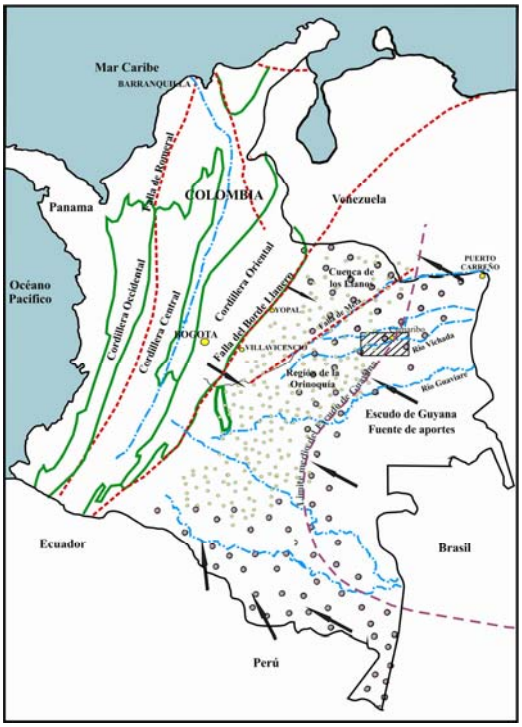

Figura 60. Configuración actual de la cuenca de los Llanos Orientales (Esquema de propuesta para este trabajo).

11.1 PRECÁMBRICO

La unidad rocosa más antigua que aflora en el departamento del Vichada corresponde al llamado Granito de Parguaza, término usado por Mc Candless (1966), para referirse a un conjunto de rocas graníticas de textura rapakivi, de edad Precámbrica, que hacia el sector colombiano afloran a lo largo de la margen occidental del río Orinoco, siendo parte del Escudo Guayanés. Esta unidad ha sido cartografiada por INGEOMINAS (1979) y por Galvis & Perilla, 2001, como un conjunto de cerros aislados en dirección norte-sur paralelos al río Orinoco; también han sido denominados como "*inselberg"* según Dávila (2011).

Galvis & Perilla (2001), mencionan que durante el Proterozoico tardío acontece una sedimentación continental y volcánica, lo que produjo en las rocas granitización por procesos de migmatización. También mencionan que los cerros del Carajo y Bita, fueron levantados por efectos intrusivos, pero sin presentar indicios de metamorfismo ni de plegamiento. De igual forma,

INGEOMINAS (2006) reporta que, hacia el Proterozoico, se dieron emplazamientos de pegmatitas y filones de cuarzo cortando al Granito Parguaza, intrusiones ocurridas en las fases tardías de la cristalización del granito.

11.2 PALEOZOICO

Galvis & Perilla (2001), INGEOMINAS (2006) y Santos *et al.* (2006), aducen que durante la era Paleozoica no se presentó sedimentación en esta región de los Llanos Orientales; sin embargo, documentan que hacia las regiones del piedemonte llanero, río Güejar y en localidades de la Amazonía tales como Araracuara y la Chorrera, se encuentran sedimentitas marinas del Ordovícico, principalmente pizarras y cuarzoarenitas; secuencias que han sido registradas en los Grupos Güejar de Trumpy (1943), Formación Negritos de Ulloa *et al.* (1982) y Formación Araracuara de Galvis *et al.* (1979a). Toussaint (1993), también reporta que no se conoce sedimentación de edad Silúrico en esta región de los Llanos Orientales.

Galvis *et al.* (1979a) mencionan que, hacia el final del Paleozoico, se deposita una secuencia espesa de areniscas cuarzosas sin cambio facial importante, y cuyo origen ha sido producto de un evento de desertificación ocurrido durante el Pérmico. Estas rocas se han reportado en las localidades de las Serranías de Chiribiquete, Macarena y algunas otras localidades de la Amazonía, Meta y Casanare.

11.3 MESOZOICO

Cooper *et al.* (1995) y Galvis *et al.* (1979a), mencionan que los estratos del Mesozoico, están conformadas por secuencias sedimentarias de shales, y areniscas de origen marino y litoral; secuencias que están registradas en la parte más occidental de las cuencas de los Llanos Orientales. Cooper *et al.* (1995), Irving (1971) y Fabre (1985), reportan que las unidades del Cretácico superior corresponden a cuñas de depósitos que se adelgazan hacia las áreas del Vichada.

En tanto que INGEOMINAS (2006), menciona que el Mesozoico está dominado por secuencias sedimentarias de edad Jurásica a Cretácico Superior, las cuales están expuestas hacia las regiones de la Cordillera Oriental, Yopal, Tamara y Paz de Ariporo.

11.4 CENOZOICO

Cooper *et al.* (1995), definen que entre el Mesozoico y Cenozoico, se presenta un hiatus de unos 14 m.a., y, sobre esta superficie, se encuentran litologías del

Paleoceno, las cuales están expuestas en zonas del Occidente de la Orinoquia, pero es altamente probable que se encuentren cubiertas hacia las zonas del Vichada, tal como lo presenta Irving (1971), en sus cortes estructurales; y que para Cooper *et al.* (1995), estos sedimentos corresponden a la Formación Mirador y sobre esta unidad estratigráfica se encuentra la Formación Carbonera, conformadas por conjuntos de arcillas y areniscas.

Las unidades anteriormente referidas han sido determinadas e interpretadas en subsuelo como cuñas de depósito que se extienden más allá de los pozos ST-GU 15 y Negritos 1, de Cooper *et al.* (1995) e Irving (1971), respectivamente. Galvis & Perilla (2001), indican que hacia el Eoceno Tardío se dieron desarrollos de lateritas y, en el área del Vichada, estos tipos de suelos se hallan en los alrededores del río Bita, Tomo, Meta e Iteviare.

Galvis & Perilla (2001) describen que hacia el final del Cenozoico se da un evento de desertización, lo que produjo extensos depósitos de arenas poco consolidadas que, bajo condiciones de un clima húmedo y aumento en el régimen de lluvias, originó la actual red hidrográfica que conllevó a los grandes depósitos aluviales.

Hacia el Mioceno Medio y Tardío, la influencia tectónica jugó un papel importante en el lineamiento y generación de fallas SW-NE y NW-SE, que se aprecian regionalmente en el área del Vichada y el Amazonas, debido a la deformación y al levantamiento de la Cordillera Oriental, mencionado como penúltimo levantamiento de la cordillera y cuyo piedemonte emerge en esta época del Mioceno (CIAT & CIRAD, 2001). De igual forma esto generó variaciones en el registro sedimentario de la Formación León así: facies de arenas hacia el borde llanero y facies marginales sobre el escudo de la Guyana (Cooper *et al.*, 1995).

Posteriormente, se depositan grandes espesores de sedimentos de origen continental, referidos como Formación Guayabo en De Porta *et al.* (1974); unidad que presenta una amplia extensión, tanto temporal como regional, pero que en la región del Vichada según Galvis & Perilla (2001), estos sedimentos han sido cubiertos por grandes espesores de arenas de origen eólico y de complejos orillales que han configurado la geomorfología y la vegetación de esta región; también mencionan la presencia de extensos depósitos de loess entre los sedimentos eólicos. Igualmente, Goosen (1971) menciona que los sedimentos eólicos son referidos como Llanos loess.

Bayona *et al.* (2008), mencionan que la Formación Guayabo, estudiada en el pozo Saltarín-1A en cercanías de la localidad de Tres Matas, presenta un espesor de 440 m, ellos dividen la unidad en seis (6) miembros informales entre

el G1 y el G6. También mencionan que los miembros G5 y G6 (Mioceno Medio a Tardío?), corresponden a depósitos uniformes de llanuras aluviales a fluviales que, por la carga de sedimentos recibida, registran una espesa sucesión de paleosuelos y migración de canales meándricos hacia el tope de la unidad. En cuanto a la composición litológica, también mencionan que el miembro G5 presenta litoarenitas feldespáticas y lodolitas arenosas con restos de materia orgánica, mencionando al Escudo de la Guyana como fuente de aportes. Para el miembro G6, define que la composición consta de cuarzoarenitas deleznables de pobre selección y lodolitas varicoloreadas con restos de esferulitas ferruginosas con materia orgánica y sin minerales inestables, teniendo como fuente de aportes, según los autores, a la Cordillera Oriental y a los procesos pedogenéticos.

11.5 MARCO GEOLÓGICO LOCAL

Para este trabajo de cartografía geológica, la evolución geológica fue establecida a partir de estudios anteriores de geología, fotointerpretación, trabajo de campo y análisis petrográficos, que junto con los resultados de palinología obtenidos tras el estudio, se pudo determinar que las unidades del área registran una edad de Pleistoceno-Holoceno (
Figura 15).

Con el levantamiento cartográfico y con los resultados de laboratorio, se ha determinado que la base del Pleistoceno no se encuentra en el área de estudio, debido al pobre espesor que reportan las unidades geológicas del área y por las características geomorfologicas del terreno. Sin embargo, por relaciones de superposición, se sugiere que la unidad estratigráfica más baja corresponde a los “Depósitos de sedimentos pedogenizados Asociados a Costras Ferruginosas (Qcf)”, cuya base está representada por un nivel de cuarzoarenitas y litoarenitas que afloran hacia el sur del río Vichada sobre el Caño Dume.

El anterior nivel de arenas registra escasos afloramientos y las rocas halladas en este sector se caracterizan por ser altamente inconsolidadas, lo que hace difícil establecer correlaciones con unidades de otras áreas, aunque podría establecerse alguna similitud con las rocas de los miembros superiores de la Formación Guayabo de edad Mioceno Medio a Tardío?, de Bayona *et al.* (2008), la cual no registra la edad Plioceno, como sucede también con los “Sedimentos pedogenizados asociados a costras ferruginosas”, que el autor sólo registra en el Pleistoceno. La no presencia de este intervalo puede ser producto del levantamiento final de la Cordillera ocurrido durante el periodo Plioceno – Pleistoceno, lo que afectó a la región de los Llanos Orientales y la parte occidental del Escudo Guyanés (CIAT & CIRAD, 2001; Irving, 1971).

Posteriormente, sobre las extensas altillanuras del Vichada, continuaron Depósitos Eólicos (Qe) y Depósitos de Penillanuras Eólicas (Qpe), los cuales están conformados por arenas de cuarzo y de líticos, de grano fino a gránulos y con cemento de hematita. Generalmente, los estratos que conforman a estas unidades son altamente deleznables, horizontales y presentan datos de inclinación no mayores a los 10° y, con algunas excepciones, se observaron pequeños pliegues apretados, alto diaclasamiento, fracturamientos y lineamientos, lo cuales ejercieron control en los drenajes de los ríos Tomo, Bita y Meta (Galvis & Perilla, 2001), al igual que en área de estudio se presentan lineamientos en sentido NW-SE sobre los ríos Cada y Chupabe.

Otra consideración de índole regional es que, durante el Pleistoceno, se generó un salto de falla sobre el curso del río Meta (Goosen, 1971), lo que creó hacia el sector occidental del río Meta un bloque hundido, sobre el cual se depositaron sedimentos de origen aluvial (Santos *et al.*, 1983). En tanto que hacia la región del Vichada se estableció una zona elevada, donde se formaron los sedimentos de costras ferruginosas, depósitos de penillanuras, llanuras eólicas y aluviales, unidades que según el Servicio Geológico Colombiano (2012), son de la edad Pleistoceno - Holoceno.

Los sedimentos que cubren a los Depósitos Asociados a Costras Ferruginosas (Qcf), son producto de la erosión de esta unidad por lo tanto, este depósito localmente ha sido y está siendo fosilizado -en parte- por sedimentos provenientes de su propia erosión, conformando así penillanuras locales de formas aisladas, las cuales pueden presentar superficies erosivas, de las que se evidencian algunas gracias a los contrastes litológicos. Como se nota en la unidad Qcf y los sedimentos ya seguramente Holocénicos mencionados como Depósitos de Penillanuras (Qpe), Depósitos Eólicos (Qe) y depósitos pertenecientes a complejos de orillales aluviales, No es de descartar que se hayan presentado amalgamiento de facies de sedimentos provenientes tanto del Escudo de la Guyana como de la Cordillera de Los Andes, cuyos sedimentos se acumularon en las partes bajas y planas de la actual topografía (CIAT & CIRAD, 2001).

Geomorfológicamente, las unidades cartografiadas se asocian a llanuras que van de planas a onduladas, y a las áreas de complejos orillales, las cuales fueron sometidas a fases de erosión, quedando peniplanizados ciertos terrenos del Vichada. Como agente determinante en el rasgo geomorfológico se encuentra el clima junto con subsidencia tectónica, los cuales controlaron el relleno de esta cuenca (Bayona *et al.*, 2008).

Otro hecho precedente en la historia de la geología del área, es que casi todas las rocas analizadas petrográficamente presentan fracturamiento de tipo lineal, lo cual sugiere que el hecho podría estar asociado al impacto de un meteorito o a periodos de fuertes temporadas de lluvias o de vientos monzónicos, descartando así eventos de brechamiento o milonitización asociados a tectonismo, tal como se muestra en el Anexo D2.

CONCLUSIONES

El departamento del Vichada, al estar ubicado en la región de la Orinoquía colombiana, presenta un clima tropical con altas temperaturas y un sistema de precipitación pluvial con fuertes lluvias entre los meses de abril y octubre, y una temporada seca entre diciembre y marzo, es decir, que presenta un régimen monomodal de lluvias, lo que permite planificar los tiempos de siembra y cosecha en la región, así como los períodos más adecuados para la construcción de infraestructuras y exploraciones; ya que debido a su relieve dominado por extensas llanuras de sabanas que pueden ser planas, onduladas o fuertemente onduladas, donde los cerros tienen un promedio altitudinal ubicado entre los 150 a 200 m de altura, grandes extensiones de tierras se inundan, lo que hace difícil el acceso y la movilidad en diferentes zonas de la Plancha 254.

La red hidrográfica de la Plancha 254 está conformada principalmente por los ríos Vichada y Muco, además de una gran cantidad de pequeños, medianos y grandes caños que, generalmente, son tributarios de los anteriores ríos; ésta, además de proporcionar alimento y agua a sus pobladores, constituyen una de las más importantes vías de transporte de la región, por lo cual cualquier proyecto que se instale allí, debe tener en cuenta su conexión con estas corrientes de agua.

La mayoría de la vegetación del área de estudio está conformada por pastizales y vegetación herbácea, aunque se pueden encontrar franjas de bosques de galería y morichales cercanas a las fuentes hídricas. Estas franjas de vegetación son de gran importancia para la región, ya que ayudan a la preservación de las fuentes hídricas y al almacenamiento de agua en períodos secos, evitando la erosión y lavado de los suelos; además, son espacios naturales que sirven de hábitat para diferentes especies nativas y también funcionan como lugar de paso de diversas aves migratorias, que encuentran ellos refugio y alimento. En adición a esto, los morichales representan una asociación vegetal endémica, que ofrece un paisaje natural único en el país, pudiendo significar una excelente oportunidad ecoturística para la región.

Durante el levantamiento cartográfico, se establecieron 188 estaciones, se tomaron 64 muestras y se elaboró un registro fotográfico de la zona, que

permitió un gran cubrimiento del área. Igualmente, se alcanzaron importantes datos de geoquímica, palinología, petrografía y granulometría, entre otros. También se levantaron 9 segmentos de columnas estratigráficas que permitieron detallar localmente las relaciones estratigráficas entre las unidades aflorantes como se muestra a lo largo de todo el documento.

De acuerdo con el trabajo geomorfológico realizado en la Plancha 254 de San José de Ocuné, se analizaron unidades de origen fluvio-aluviales como son: llanuras y planos de inundación fluvial, barras puntuales, paleocauces, meandros, meandros abandonados, cuencas de decantación o planos inundables, cuenca de decantación activa, zonas de erosión fluvial acentuada y terrazas aluviales de los ríos Vichada y Muco, y de los caños Guacamayas, Malicia y Mamiyare. También se definieron unidades de origen denudacional, identificando como: altillanuras disectadas, altillanuras planas, altillanuras con crestas planas, costras y capas de óxidos de hierro, y altillanuras en detritos continentales. Asimismo, se definieron rasgos geomorfológicos y unidades geomorfológicas de origen eólico.

Se identificaron cinco (5) depósitos litoestratigráficos denominados de la siguiente manera:

- Sedimentos pedogenizados asociados a costras ferruginosas (Qcf)
- Depósitos eólicos (Qe)
- Depósitos de penillanura eólica (Qpe)
- Depósitos de llanuras de inundación (Qll)
- Depósitos de cauce aluvial (Qac)

La distribución de las unidades cartografiadas de la Plancha 254 (San José Ocuné), queda de la siguiente manera: hacia el norte se encuentran depósitos de penillanuras (Qpe) y algunos depósitos eólicos (Qe) muy reducidos, los cuales alcanzaron espesores hasta de unos 3 m; y, hacia el sector sureste, ocurren -de manera irregular- depósitos de costras ferruginosas (Qcf), cuyo espesor medido fue fue de 6 m, los cuales están surcados por innumerables caños de dirección W-E, que forman pequeños valles sobre los cuales se acumulan los residuos de estos depósitos y, a la vez, son depositados y amalgamados con los Depósitos de cauce aluvial (Qac) y de inundación (Qll) formando taludes de 6 a 8 meros en las riberas del río Vichada.

La unidad Qcf, se compone esencialmente de capas medias a gruesas de arenitas de cuarzo y de líticos, de tamaño fino a grueso, de color marrón oscuro, matriz limosa, en ocasiones conglomeráticas, con cemento ferruginoso, con estratificación plano paralela continua y cruzada. Las unidades Qe y Qpe,

de color marrón pálido, se componen sustancialmente de bancos inconsolidados de arenas de cuarzo de grano fino a medio, matriz arcillosa, ocasionalmente laminación plana, trazas de bioturbación; además, generalmente se encuentran en combinación con material de suelo. Los Depósitos de origen aluvial Qll y Qac, se encuentran conformados por sedimentos limoarenosos y lodosos, en mezcla en mezcla con suelos y materia orgánica con estructuras pedogénicas.

Los ambientes de depósito de las unidades aflorantes, pertenecen a los sistemas de llanuras aluviales, cuyos sedimentos -como se evidenció en trabajo de campo- se combinan a diferentes ambientes y procesos geológicos, los cuales han originado litologías de: arenas y arcillas de costras ferruginosas; y arenas eólicas y de penillanuras. Además, en la cuenca del río Vichada se han originado grandes extensiones de sedimentos de llanuras de inundación y sedimentos de cauce aluvial, que contiene complejos sistemas de meandros. En cuanto a las edades de estos depósitos, se ha reportado de Pleistoceno – Holoceno.

Las estructuras geológicas de la Plancha 254, se definieron de la siguiente manera. Con datos estructurales tomados en campo, se sugiere la existencia de un pliegue sinclinal, en cercanías del caserío Guacamayas, mencionado como Sinclinal de Mamiyare. Con la interpretación de sensores remotos se infirieron tres (3) lineamientos: el del río Vichada, el del río Muco-chupabe y el del caño Nevillo. Asimismo, con información de sísmica, se trazó la Falla de San José de Ocuné, que tiene dirección suroeste – noereste y ha sido definida como falla inversa.

En estos depósitos sedimentarios los estratos son de bajo ángulo de inclinación, lo que hace que morfológicamente que estos depósitos correspondan a extensas sabanas con ligeras ondulaciones, exceptuando la unidad de Cauce Aluvial (Qac), que atañe a los cauces de los ríos.

En cuanto a la geoquímica y geología económica de la Plancha 254 (San José de Ocuné), los elementos Mayores con contenidos anómalos de Tierras Raras, fueron determinados mediante el método de Fluorescencia de Rayos X - FRX fueron los siguientes:

- El TiO_2 registra un valor del 0.8%, siendo este valor lo esperados para la región, ya que los registros obtenidos en estudios anteriores –como el de Salinas *et al.* (1999)– reportan a este elemento de potencial bajo.

- El SiO_2 presenta un valor promedio de 81%, es decir, presenta una concentración alta.

- El Al_2O_3, tienen valor de 8.7%, lo que hace que sea un valor representativos y entran dentro del rango de aceptables. El Fe_2O_3 arrojó un valor de 3,5%, el cual se encuentra muy por debajo de lo reportado por (INGEOMINAS 2006).

En el análisis de las 33 muestras tomadas de sedimentos activos (relacionados a depósitos residuales y eluviales) los elementos menores y trazas alcanzaron los siguientes promedios:

- El Circonio. Tuvo un promedio de 1052,4 ppm
- El Vanadio tuvo un promedio de 81,5 ppm
- El Niobio tuvo promedio de 20,7 ppm.

Los anteriores resultados aunque son bajos en comparación con los reportados por (INGEOMINAS 2006). Son aceptables como potenciales metales de explotación con buenas posibilidades económicas y prospectivas para ser tenidos en cuenta en programas de exploración minera. Además estudios como los de Salinas *et al.* (1999), también han reportado que los minerales del grupo de metales especiales de tierras raras tales como Ti, Au, Metales nativos y Óxidos, han sido hallados en varios distritos del Vichada, y que obedecen a la concentración mecánica residual.

En el análisis de las muestras de sedimentos activos, relacionadas a depósitos residuales y eluviales, que fueron determinados mediante el método; Espectrometría de masas con plasma acoplado inductivamente ICP-MS, registraron las siguientes concentraciones:

- El Itrio presentó promedio de (57 ppm),
- El Bario tuvo promedio de de (25 ppm),
- El Manganeso tuvo promedio de (23 ppm)
- El Cesio tuvo promedio de (13 ppm).

Lo anterior sugiere, que aún con bajos valores existe la posibilidad de depósitos rentable para este tipo de elementos. Además, han sido reportados la ocurrencia de (Oro, Estaño, Uranio y Titanio) por (INGEOMINAS 2006), al mencionar que la región de Orinoquia y Amazonia existen buenas perspectivas para la exploración de estos metales como los de elementos de tierras raras.

Esta región del Bloque 9, se localiza dentro del marco geológico de la Orinoquia colombiana y entre de la misma o semejante génesis mineral a la que pertenece la Orinoquia, donde existe importantes depósitos cuaternarios que ha sido calificados como aluviales y residuales y que en algunas regiones ya han

sido evaluados por (INGEOMINAS, 2006, 1999), quienes han reportados importantes anomalías de minerales como el Fe, Au, Tierras raras, W, Sn, Nb, Ta y U, además que no están lejos de la fuente primaria. como es el escudo de Guyana. Con estos antecedentes el área de estudio se hace importante para adelantar campañas de exploración y de esta manera se puede delimitar áreas mineralógicas.

En la zona se presentan importantes depósitos de materiales como gravas y agregados, los cuales están compuestos por arenas y limo, que se emplean en la construcción de viviendas y afirmado de las vías de la zona. Las principales fuentes de estos agregados son las playas de los ríos Vichada, Guarrojo y Muco.

En el área de la Plancha 254, los fenómenos de naturales que se presentan, son dados por procesos de escorrentía (inundaciones y desbordamiento de los caños secundarios), que también generan procesos erosivos (carcavamiento y erosión fluvial lateral). Adicionalmente, se presentan fenómenos de desertificación, que generan esterilización y pérdida de los suelos.

El departamento del Vichada, en el área de la Plancha 254 (San José de Ocuné) presenta un paisaje geológico especialmente influenciado por su dinámica hidrológica de los últimos años, con una invaluable presencia de recursos naturales inmuebles no renovables, que destacan el interés en varios sitios debido a su importancia estratigráfica, geomorfológica, hidrogeológica, petrográfica y mineralógica, por lo que merecen ser catalogados dentro del Patrimonio Geológico del departamento.

Es así como el patrimonio geológico del área de estudio se encuentra constituido por los siguientes geotopos:

- El estratigráfico, que permite una visión general de los procesos de depositación en ambientes fluviales meandriformes modernos, como se observa en la el río Muco, Guarrojo y caño Algarrobo.

- El geomorfológico, en el que se pueden apreciar las variaciones del paisaje relacionadas a las dinámicas fluviales locales, como se aprecia en los contrastes de vegetación entre sabanas y zonas más selváticas. Además, se observan colinas, las cuales constituyen una geoforma dominante en el paisaje y se asocian a la presencia de costras ferruginosas (Qcf), como se observa en la vía principal Puerto Rico – Guanape.

- El hidrogeológico, en donde se destaca la abundante red hídrica con la que cuenta el departamento, conformada por numerosos ríos, quebradas y corrientes más pequeñas, entre la que se destaca la cuenca del río Vichada, cuyos afluentes generan extensas zonas pantanosas de gran extensión en épocas de invierno, debido a su patrón meandriforme.

- El petrográfico y mineralógico, en este se destaca la presencia de fracturamiento de tipo lineal en aproximadamente un 50% de los granos de cuarzo observados en las muestras, lo que podría representar un evento de impacto en la región, ya que dichas fracturas no presentan brechamiento o milonitización, lo cual sería resultado de eventos tectónicos. Por lo anterior, el lugar tiene un importante valor científico e investigativo.

En el área de estudio no se encuentran unidades más antiguas al Pleistoceno y las unidades cartografiadas, según resultados de palinología corresponde con esta edad. Estos depósitos recientes en gran parte de la región de los llanos orientales han cubierto a las unidades del terciario, las cuales pueden tener ciertas ventanas de exposición, pero que en el Bloque 9 no se registran. Igualmente se ha reconocido que en estos depósitos recientes, ocurrieron diversos eventos deposicionales, pulsos tectónicos y junto con las condiciones climáticas han modelado y diseñado la actual configuración a este sector de la cuenca de la Orinoquia. Además con los análisis petrográficos realizados en algunas de las muestras, dan para interpretar amalgamiento de facies y de postular que la fuente de aportes ha estado relacionada con el Escudo de la Guyana y con la Cordillera Oriental.

RECOMENDACIONES

Debido a los resultados petrográficos que reportan la existencia de cuarzo policristalino de impacto en algunas muestras colectadas, se deduce que la historia geológica del Bloque 9, Plancha 254, podría estar relacionada con posibles episodios de impacto ocurridos en esta región del país; por lo tanto, se recomienda adelantar más estudios de geología, petrografía y geofísica (aerogravimetría, magnetometría, etc.), que permitan definir y delimitar dicho cráter de impacto, así como realizar una estratigrafía de pozos cercanos a esta área, para conocer y postular nuevas teorías sobre la historia reciente de esta área del país y conocer el verdadero espesor de las unidades cuaternarias.

Además de la información obtenida sobre cartografía y líneas sísmicas, es de vital importancia para el entendimiento de la zona de estudio, información adicional de pozos y del subsuelo, que permita determinar con mayor detalle la estratigrafía y así dimencionar la verdadera potencialidad minero-energértica de la región, ya que los estudios elementales de geología resultan insuficientes y requieren de mayor soporte técnico.

Debido a que se han encontrado elementos de tierras raras como Zirconio Niobio y Vanadio, además de un fracturamiento particular de los minerales de cuarzo, el geotopo petrográfico y mineralógico representa un valor científico importante para posteriores investigaciones y análisis geoquímicos que puedan determinar si ocurrió o no un impacto de meteorito en la región y, en caso de que así hubiera ocurrido, se puedan establecer las condiciones particulares en las que éste pudo ocurrir.

Por lo anterior, se recomienda fomentar proyectos tanto geológicos como en otras áreas científicas, en estos territorios apartados del país, a través de organizaciones estatales y privadas, con el fin de integrar a las comunidades indígenas y de colonos al desarrollo el país para que, de esta manera, las comunidades también hagan parte importante del proceso, contribuyendo así, no sólo a aumentar el conocimiento del país sobre sus recursos naturales, sino también al mejoramiento en la percepción y valoración ambiental del territorio por parte de sus pobladores.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAAMONDE, J. M. 1997. Léxico Estratigráfico de Venezuela. Ed. PDVSA Intevep. Disponible en: <http://www.pdv.com/lexico/m40w.htm>.

BALLESTEROS, J. 2002. Estudio Geomorfológico – Paisajístico del Cañón del Chicamocha en el Tramo Cepitá – Pescadero – Jordán: Aporte al Conocimiento del Patrimonio Geológico del Departamento de Santander. Universidad Industrial de Santander. Escuela de Geología. Bucaramanga.

BAYONA, G.; VALENCIA, A.; MORA, A.; RUEDA, M.; ORTIZ, J. & MONTENEGRO, O. 2008. Estratigrafía y procedencia de las rocas del Mioceno en la parte distal de la cuenca antepaís de los Llanos de Colombia. Revista Universidad Nacional de Colombia, ISSN 0072-0992, Bogotá.

BRUNETON, P.; PALLARD, B.; DUSELIER, D.; VARNEY, E.; BOGOTA, J., RODRIGUEZ, C. & MARTIN, E. 1983. Contribución a la geología del oriente de las comisarías del Vichada y del Guainía (Colombia). Geología Norandina. Bogotá. pp 3-12.

BUENAVENTURA J. & ROSAS H. 1988. Reconocimiento Geológico-Minero entre la región de Puerto Carreño y Puerto Nariño, Comisaría del Vichada. INGEOMINAS, Informe Interno. Bogotá, 1-39 p.

CARVAJAL, J. 2012. Propuesta de estandarización para la cartografía geomorfológica en Colombia. Servicio Geológico Colombiano, Bogotá. 83p.

CIAT & CIRAD. 2001. Agroecología y Biodiversidad de las Sabanas en los Llanos Orientales de Colombia. Cali. pp 1 – 21.

COOPER, M.; ADDISON, F.; ÁLVAREZ, R.; CORAL, M.; GRAHARN, R.; HAYWARD, A.; HOWE, S.; MARTÍNEZ, J.; NAAR, J.; PEIIAS, R.; PULHAM, A. & TABORDA, A. 1995. Basin development and tectonic history of the Llanos Basin Eastern Cordillera and Middle Magdalena Valley, Colombia, A.A.P.G. Bull., 79:10.

CORTÉS, A. (1983). Estudio general de suelos de la comisaría del Vichada. IGAC, subdivisión agrológica. Bogotá.

CRISTANCHO, J. I. 1989. Posibilidades de Mineralizaciones de Importancia Económica en el Granito de Parguaza en Alrededores de Puerto Carreño (Vichada – Colombia). Tesis de Grado, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 88p.

DÁVILA, B. 2011. Diccionario Geológico. Iingemmet. Art Grouting S.A.C. Perú. 901 p.

DeCELLES, P. & GILES, K. 1996. Foreland basin systems. Basin Research, v. 8, p. 105 – 123.

DICKINSON, W.R. 1974. Plate tectonics and sedimentation. SEPM Special Publications 22, pp 1-27.

FABRE, A. 1986. Géologie de la Sierra Nevada de Cocuy (Cordillère Orientale de Colombie). Tese. Université de Genève. Genève. 169 p.

FLÓREZ, M.T. & PARRA, L.N. 1988. Avalancha de la Quebrada Ayurá del 14 de abril de 1988. En: Segunda conferencia sobre riesgos geológicos en el valle de Aburrá. Medellín.

FLÓREZ, A. 2003. Colombia: evolución de sus relieves y modelados. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, 238 p.

FOLK, R. L. 1974. Petrology of Sedimentary rocks. Hem phill publications Co. Austin Texas. 182p.

FRIEDMAN, G.M. *et al.* 1992. Principles of sedimentary deposits: stratigraphy and sedimentology. Macmillan. 717 p. New York. Estados Unidos de América.

GALVIS, J., HUGUETT, A. & RUGE, P. 1979a. Geología de la Amazonía Colombiana. Boletín Geológico. INGEOMINAS. Bogotá, D.C. 22 (3), pp. 3-86.

GALVIS, J., HUGUETT, A., RUGE, P. & de BOORDER, H. 1979b. La Amazonia colombiana y sus recursos. Escala 1:500.000. IGAC. Proyecto Radargramétrico del Amazonas, Tomo II Mapa de Geología (11 planchas). IGAC. Bogotá.

GALVIS, J., 1990. Análisis de la Génesis Mineral en Colombia. Rev. Acad. Colomb. Cienc., Bogotá.17 (67), pp 753 – 776.

GALVIS, J. & PERILLA C. 2001. Aspectos Geológicos del Nordeste del Departamento del Vichada. INGEOMINAS, Boletín Geológico. Bogotá. 39 (1-3): pp. 35 – 46.

GÓMEZ, E.; JORDAN, T.E.; ALLMENDINGER, R.W. & CARDOZO, N. 2005. Development of the Colombian foreland-basin system as a consequence of diachronous exhumation of the northern Andes. Geological Society of America.

GOOSEN, D. 1971. Physiography and Soils of the Llanos Orientales, Colombia, Amsterdam.

HOLBROOK, J., SCOTT, R.W. & OBOH-IKUENOBE, F.E. 2006. Base-Level Buffers and Buttresses: A Model for Upstream Versus Downstream Control on Fluvial Geometry and Architecture Within Sequences. Journal of Sedimentary Research 76, pp 162-174.

IGAC (eds.). 1996. Diccionario Geográfico de Colombia. Tomo IV. Tercera Edición. Bogotá.

IGAC. 2008. Mapa departamental del Vichada. Escala 1:500.000.

INGEOMINAS. 1977. Mapa Geológico. Departamentos del Meta, Comisarías de Guainía, Guaviare y Vichada. - Plancha 5-15 (Preliminar). Bogotá.

INGEOMINAS, 1978. Transparencia geológica de la Amazonía - Orinoquía colombiana. V.1.0, 10 folios. Bogotá.

INGEOMINAS. 1979. Mapa geológico de la Amazonia Colombiana. - Plancha 5 - 15 (2). V.1.0. Bogotá.

INGEOMINAS. 2006. Potencial de Recursos Minerales en el Oriente Colombiano: Compilación y análisis de la información Geológica disponible (Fase 0) Versión 1.0. Bogotá, 233 p.

INGEOMINAS, 2007. Atlas Geológico de Colombia. Plancha 5-10. Versión 2007. Vol. 1.0. Bogotá.

INGEOMINAS, 2007. Mapa geológico de Colombia – MGC: Historia, explicación y perspectivas. Bogotá.

INGEOMINAS, 2010. Mapa de Unidades geológicas Planchas: 159, Nueva Antioquia; 160, La Venturosa; 161, Puerto Murillo; 179, Río Bita; 180, sabanas de Carro Quemao y 181, Sabanas de Carro Quemao. 1: 100.000.

INGEOMINAS & IDEAM. 2010. Mapa Nacional de Amenaza Relativa por Movimientos en Masa. Plancha 5-15. Escala 1:500.000. Ingeominas. Bogotá.

INGEOMINAS & UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. 2011. Caracterización de depósitos aluviales con manifestaciones de Tantalio y Niobio ("Coltán") en las comunidades indígenas de Matraca y Caranacoa, Departamento del Guainía.

IRVING, E. 1971. Nomenclature in magnetic stratigraphy. Geophysical of the Journal of the Royal Astronomical Society 24, pp 529-531.

ITGE 1992. El Patrimonio Geológico. Instituto Tecnológico Geominero de España, 23 págs. Madrid.

JORDAN, T.E., 1981. Thrust loads and foreland basin evolution, Cretaceous, western United States. AAPG Bulletin 65, pp 2506-2520.

KHOBZI J.; KROONENBERG & FAIVRE, P. 1980. Aspectos Geomorfológicos de la Amazonía y Orinoquía colombianas. IGAC. Revista Ciaf, La Amazonia Colombiana. Bogotá. 5, pp 97-126.

LÓPEZ L. *et al*. 2007. Clasificación de rocas ígneas y sedimentarias con elementos mayores y traza. Using Geochemical Data. Rollinson. Madrid España.

Mc CANDLESS, G.C. 1966. Geología general de la parte septentrional del Escudo de Guayana en Venezuela. Bol. Geol. (Caracas) 15, pp 140 - 153.

MORA, A.; PARRA, M.; STRECKER, M.R.; SOBEL, E.R.; HOOGHIEMSTRA, H.; TORRES, V. & JARAMILLO, J.V., 2008. Climatic forcing of asymmetric orogenic evolution in the Eastern Cordillera of Colombia. Geological Society of America Bulletin 120, pp 930-949.

MORA, A.; PARRA, M.; STRECKER, M.R.; SOBEL, E.R.; ZEILINGER, G.; JARAMILLO, C.; DA SILVA, S.F. & BLANCO, M. 2010. The eastern foothills of the Eastern Cordillera of Colombia: An example of multiple factors controlling structural styles and active tectonics. Geological Society of America Bulletin 122, 1846-1864.

MUÑÓZ A. & GÓMEZ O. (1997). Mapa de Anomalías Geoquímicas de Colombia. Escalas: 1:1.500.000. Memoria explicativa Bogotá, 1- 41.

PISCIOTTI OROZCO, G.T. 1996. Inventario y Catalogación del Patrimonio Geológico Aplicado al Patrimonio Geomorfológico Glacial de Santander. Universidad Industrial de Santander. Escuela de Geología. Bucaramanga, 2001.

RIVEROS, S. 1983. La Orinoquia Colombiana. Sociedad Geográfica de Colombia. Academia de Ciencias Geográficas. 36 (118).

RUDNICK, R. L. & GAO, S. 2003. Composition of the Continental Crust. Treatise on Geochemistry, 3: 1-64 p.

SALINAS, R.; RODRÍGUEZ, C.; LOZANO, H.; MENDOZA, H. & SOLANO, F. (1999). Mapa Metalogénico de Colombia. Escala 1:1'500.000. INGEOMINAS, Memoria explicativa Bogotá, 1-143 p.

SANTOS, J.O.S.; HARTMANN, L.A.; FARIA, M.S.G.D.; RIKER, S.R.L.; SOUZA, M.M.D.; ALMEIDA, M.E. & MCNAUGHTON, N.J. 2006: A Compartimentação do Cráton Amazonas em Províncias: Avanços ocorridos no período 2000-2006. Simp.Geol. Amaz., 9, ed. S.-N. Norte. Belém.

SCHUBERT, C. 1997. Léxico Estratigráfico de Venezuela. Disponible en: <http://www.pdv.com/lexico/n2w.htm>

TRICART, J. 1977. Types de lits fluviaux en Amazonie brésilienne. Ann. Geogr. 473: 1-54, París.

ULLOA, C.E.; PÉREZ, V.E. & BALDIS, B.A.J. 1982. Unidades litoestratigráficas del Ordovícico de los Llanos Orientales de Colombia. 5º Congreso Latinoamericano de Geología, Actas, Tomo I, Buenos Aires, Argentina. pp 109-120.

VELÁZQUEZ, E. 1999. Contribution méthodologique a la prise en compte du milieu physique dans la planification environmentale du territorie en zone montagnense de Colombie. Tesis de PhD. Francia : Universite de Grenoble, 310 p.

VERSTAPPEN, Th. & VAN ZUIDAM, R. 1992. El sistema ITC para levantamientos geomorfológicos. ITC (International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences), 10. Villanueva de Huerva.

VERSTAPPEN, Th. 1987. Geomorfología aplicada al estudio de los riesgos naturales. ITC. Holanda.

VILLOTA, H. 1997. Una nueva aproximación a la clasificación fisiográfica del terreno. Revista CIAF, 15(1), 83-115. Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

VILLOTA, H. 2005. Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de tierras. IGAC. Bogotá.184 p.

WIMBLEDON, W. A. P. 1996. Geosites. ProGEO News, 4: 5 p. Estocolmo. (http://www.sgu.se/progeo/news/96_4f/geosite.html)