Libertad y Orden

SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO

CARTOGRAFIA GEOLÓGICA PLANCHA 253 (GUACAMAYAS) 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 253 (GUACAMAYAS) 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 LOCALIZACION GEOGRAFÍCA 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 Río Guarrojo 25
1.5.4 Caño Algarrobo 25
1.5.5 Caño Cabiamó 25
1.5.6 Caño Guaturia 25
1.5.7 Caño Urimica 25
1.6 VEGETACIÓN 25
1.7 POBLACIÓN 26
1.8 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 29
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 34
2.3.2 Columnas estratigráficas 34
2.3.3 Ensayos realizados 34
2.3.4 Registro fotográfico 35
2.4 ELABORACIÓN DE LA MEMORIA GEOLÓGICA 35

3. GEOMORFOLOGÍA 36
3.1 GENERALIDADES 36
3.2 AMBIENTES MORFOGENÉTICOS 37
3.2.1 Unidades Geomorfológicas de Origen fluvial - aluvial 40
3.2.1.1 Llanuras y planos de inundación fluvial (Flli) **41**
3.2.1.2 Barras puntuales (Fbp) **42**
3.2.1.3 Paleocauces y meandros (Fpm) **43**
3.2.1.4 Cuencas de decantación o planos inundables (Fcd) **44**
3.2.1.5 Zonas de erosión fluvial acentuada (Fze) **44**
3.2.1.6 Terrazas aluviales (Ft) **45**
3.2.1.7 Terraza aluvial alta (Fta) **45**
3.2.1.8 Terraza aluvial baja (Ftb) **45**
3.2.2 Unidades geomorfológicas de origen denudacional 46
3.2.2.1 Altillanura disectada (Dad) **46**
3.2.2.2 Altillanura plana (Dap) **47**
3.2.2.3 Altillanura con crestas planas (Dacp) **48**
3.2.2.4 Costras y capas de óxidos de hierro (DCfe) **49**
3.2.3 Unidades geomorfológicas de origen eólico 49
3.2.4 Rasgos geomorfológicos 50

4. GEOLOGÍA 52
4.1 CENOZOICO 55
4.1.1 Neógeno 55
4.1.2 Cuaternario 55
5. ESTRATIGRAFÍA 56
5.1 CUATERNARIO: PLEISTOCENO SUPERIOR 59
5.1.1 Unidad de sedimentos asociados a costras ferruginosas (Qcf) 59
5.2 CUATERNARIO: HOLOCENO 67
5.2.1 Depósitos Eólicos (Qe) 67
5.2.2 Sedimentos de penillanura eólica (Qpe) 69
5.2.3 Depósitos aluviales 74
5.2.3.1 Depósitos de Llanura de Inundación (Qll) **75**
5.2.3.2 Depósitos de Cauce Aluvial (Qac) **77**

6. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL 80
6.1 TECTÓNICA 80
6.2 ESTRUCTURAS DE CAMPO 82
6.2.1 Pliegues 83
6.2.1.1 Anticlinal de Aracure **83**
6.2.2 Fallas 83
6.3 LINEAMIENTOS 84
6.4 ESTRUCTURAS DEL SUBSUELO 84

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 114
8.3 MINERALES DE HIERRO 114

9. AMENAZAS NATURALES 116
9.1 PROCESOS DE ESCORRENTÍA - INUNDACIONES 116
9.2 PROCESOS EROSIVOS 118
9.2.1 Erosión Fluvial Lateral 118
9.2.2 Carcavamiento 118
9.3 AMENAZA SISMICA 119

10. PATRIMONIO GEOLÓGICO 121
10.1 FUNDAMENTO TEÓRICO 121
10.2 CATEGORÍAS DE CLASIFICACIÓN DE LOS GEOTOPOS 122
10.2.1 Categoría Estratigráfica 123
10.2.2 Categoría Petrográfica y Mineralógica 124
10.2.3 Categoría Geomorfológica 125
10.2.4 Categoría Hidrogeológica 126
11. EVOLUCIÓN GEOLÓGICA 127
11.1 PRECÁMBRICO 128
11.2 PALEOZOICO 129
11.3 MESOZOICO 129
11.4 CENOZOICO 129
11.5 MARCO GEOLÓGICO LOCAL 131

CONCLUSIONES 133
RECOMENDACIONES 139
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 140

LISTA DE FIGURAS

Pág.

Figura 1. Mapa de localización del Bloque 9 – plancha 253 (Guacamayas). Departamento del Vichada. **21**
Figura 2. Panorámica del paso en el río Muco, sector finca Puerto Rico. **22**
Figura 3. Mapa hidrográfico de la plancha 253, departamento del Vichada. **24**
Figura 4. Mapa de ubicación de las fotografías aéreas usadas para la elaboración del mapa fotogeológico. (Tomado del mapa departamental del Vichada, escala 1:500.000. IGAC, 2008). **31**
Figura 5. a. Imagen de la capacitación de sueros antiofídicos a la comunidad de Cumaribo. **33**
Figura 6. En la parte superior se observa la imagen de radar de la Plancha 253, en la parte inferior se presenta el mapa geomorfológico interpretado en este trabajo. **38**
Figura 7. Sector inundado correspondiente al nacimiento del caño Guacamayas. Vía de San José de Ocuné a Tres Matas. JRA-087 N= 986,353, E= 1,054,908, Cota= 349 m.s.n.m **42**
Figura 8. Meandro del rio Muco, donde se forman pequeñas y ocasionales barras puntuales de arena. MV-09 N= 974.985 E= 1.052.824 cota 139. ..... **43**
Figura 9. Foto aérea (Vuelo 1285 Numero 28722). Imagen del rio Muco, donde el desarrollo de meandros y de paleocauces, es moderado. Arriba y al centro de la imagen se muestran altillanuras planas y disectadas. **44**
Figura 10. Caño Urimica, donde se presentan terrazas bajas, conformadas por materia orgánica y arenas inconsolidadas. Estación MB-038. Coordenadas N = 995797; E = 1016515 ..... **46**
Figura 11. Altillanuras disectadas conformadas por arenas de costras ferruginosas. Estación YPS-044. Vía Puerto Rico - Guanape. N= 965941, E= 1052436, Cota= 171 m.s.n.m. **47**
Figura 12. Sobre la vía que va al sector de Mayoragua se presenta un paisaje de relieve plano donde afloran arenas eólicas. Estación MB-033. Coordenadas N: 995.612; E: 1'002775 ..... **48**
Figura 13. Panorámica donde se observa altillanuras con crestas planas, Estación. Vía principal Puerto Rico - Guanape. YPS-041. N= 964343, E= 1056814, Cota= 168 m.s.n.m. **48**
Figura 14. Morfología de colinas bajas, conformadas por boques de costras ferruginosas. Vía Guanape-Chaparral. Estación CAG-101-1. Coordenadas N: 971,968; E: 1,029,363. ..... **49**
Figura 15. Paisaje de colinas bajas compuestas por depósitos de arenas eólicas, no consolidados. . Via El Viento Tres Matas. Estación MB-036. Coordenadas N = 997775; **50**

Figura 16. Geomorfología de peniplanicie (Qpe) conformada por material arenoso. Modelada por agentes climáticos Estación IQA096. N= 991.767, E= 1'002.127, Cota= 196 m.s.n **50**
Figura 17. Esquema cronoestratigráfico de las unidades cuaternarias identificadas en el Bloque 9 – Plancha 253 (Guacamayas). La parte basal (subsuelo) hasta el Mioceno fue tomada y modificada de Fabré, 1985. ..... **53**
Figura 18. Triángulo de clasificación composicional para areniscas de Folk (1974)..... **56**
Figura 19. Columnas litológicas generalizadas de la plancha 253. Los números corresponden a las estaciones de campo de:(1) MB-032, ... **58**
Figura 20. Bloque y capas estratificadas de cuarzoarenitas de grano fino, con cemento ferruginoso. Estación IQA094. N= 990.150, E= 1'028.346, Cota= 177 m.s.n.m. **59**
Figura 21. La imagen de la izquierda registra capas macizas de arcillolitas arenosas y moteadas, suprayacidas por arenas de costra ferruginosas. La imagen de la derecha muestra bloques de arenas de costras ferruginosas. MV-017, N = 985.938 E = 1.041.835. ..... **60**
Figura 22. Bloques y capas estratificadas de arenitas de cuarzo con cemento ferruginoso. En imagen de la derecha se observa laminación plana paralela continua y estratificación cruzada. Estación CAG-101. Vía Guanape-Chaparral, coordenadas N: 971,968; E: 1,029,363..... **61**
Figura 23. La imagen de la izquierda muestra limolitas arriñonadas y la imagen de la derecha costras ferruginosas que tapizan el suelo, conformados por gravas. Unidad (Qcf). **61**
Figura 24. Morfología de colinas con cimas alargadas, con intervalles en forma de U de la unidad Qcf. Estación MV-013, coordenada N: 976397; E: 1059639.**62**
Figura 25. Triángulo de clasificación de (Folk, 1974), donde las muestras analizadas de la Unidad Qcf, se ubican en el campo de las cuarzoarenitas.... **63**
Figura 26. Cuarzoarenita de grano muy fino. a. Nicoles paralelos. b. Nicoles cruzados. Se observan clastos de cuarzo tamaño arena muy fina. **64**
Figura 27. Litoarenita ferruginosa, se observan clastos de cuarzos, principalmente monocristalinos y algunos fragmentos de arcillas (Arc). Tamaño de las fotografías 4X. a. Nicoles paralelos. b. Nicoles cruzados. **65**
Figura 28. Muestra JRA 60. a y c. Nicoles paralelos. b y d. Nicoles cruzados. Clastos tamaño arena gruesa de cuarzo monocristalino y policristalino (Cz M, Cz P), algunos con macla de Boehm. Fragmentos líticos sedimentarios de cuarzoarenitas (L) y líticos metamórficos como cuarcitas (C). **66**
Figura 29. Panorámica de la vía Mayoragua - Tres Matas, sobre el piso se exponen arenas friables, de grano medio. Unidad Qe. Estación MV-016. N= 988.780 E=1.042.220..... **68**
Figura 30. Arenas eólicas con granos de cuarzo, de color amarillo, subredondeados, ... **68**

Figura 31. Panorámica típica donde se observa planicie arenosa. Vía principal Puerto Rico – Guanape. Estación YPS-056. Coordenadas N= 972157, E= 1037333, Cota= 200 m.s.n.m. **70**
Figura 32. Bancos de arenas de cuarzo de grano fino con matriz arcillosa. Vía Guanape -Chaparral, Estación CAG-096, Coordenadas N: 974,306; E: 1'008,969. ..... **71**
Figura 33. Parte superior de la unidad, conformada por arenas con matiz de lodo Caserío Guanape. Estacion CAG-096. Coordenadas N: 974,306; E: 1'008,969. ..... **71**
Figura 34. Triángulo de clasificación de (Folk, 1974), en el cual las muestras analizadas, se ubican en el campo de las cuarzoarenitas y en menor porcentajes en el de sublitoarentas..... **73**
Figura 35. Diagrama de una planicie aluvial, donde se depositaron las unidades de costras ferruginosas, depósitos de penillanura eólica y sedimentos de origen aluvial **74**
Figura 36. Panorámica donde se observa los depósitos de costras ferruginosas de la unidad (Qcf), y hacia los valles suaves se encuentran los depósitos de la unidad (Qll). YPS-088. Vía pozo Saltarín, Coordenadas N: 999300, E: 1050769. ..... **75**
Figura 37. Afloramiento de capas macizas de arenitas arcillosas, inconsolidadas con mezcla de materia orgánica. Estación MB-056 N = 996419; E = 1045687..... **76**
Figura 38. Llanuras de inundación del Caño Samarro. Conformado por material arenoso no consolidado. Estación YPS-085. Coordenadas = 996282, E= 1055365, Cota= 325 m.s.n.m. **76**
Figura 39. Barra puntual depositada en la margen derecha del río Muco. **78**
Figura 40. Triángulo de clasificación de (Folk, 1974), donde la muestra tomada (JRA-087), se ubica en el campo de las arena de cuarzo..... **79**
Figura 41. Migración de la ondícula flexural en un sistema de cuenca de antepaís. Según DeCelles y Giles (1996), tomado de Bayona *et al* (2008) **81**
Figura 42. Esquema representativo de las zonas de depositación en un sistema de cuenca de antepaís. Tomado de DeCelles y Giles (1996). **82**
Figura 43. La imagen de la izquierda muestra el plano estructural (220°/15) de la estación MB-044. La imagen de la derecha muestra la dirección del plano estructural (105/4º) de la estación MV-015. ..... **83**
Figura 44. Mapa de ubicación de las principales estructuras y lineamientos regionales. Las líneas sísmicas interpretadas se observan en color rojo. **87**
Figura 45. Interpretación sísmica de las líneas G-1981-26-6 y CL-1980-01 en el área de estudio. (Ver ubicación en la Figura 44)..... **88**
Figura 46. Interpretación sísmica de las líneas CL-1980-02 y CL-1981-04 en el área de estudio.(Ver ubicación en la Figura 44)..... **89**
Figura 47. Sección estructural generalizada construida del área de estudio. .. **90**
Figura 48. Mapas de óxidos que presentan las mayores concentraciones en la zona de estudio analizados por FRX. 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 49. Mapas de abundancia de elementos que presentan las concentraciones en la zona de estudio analizados por FRX. 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 50. Curvas de distribución comparativa de los diferentes elementos analizados por ICP-MS en las muestras del área. 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 51. Gráfico estadístico (porcentaje vs. muestras) que indica la distribución del contenido de TiO_2 mediante el método FRX, con promedio de 1%..... **101**
Figura 52. Gráfico estadístico (porcentaje vs. muestras) que indica la distribución del contenido de SiO_2 mediante el método FRX. Cuyo valor medio fue de 72%..... **101**
Figura 53. Gráfico estadístico (porcentaje vs. muestras) que indica la distribución del contenido de Al_2O_3, mediante el método FRX. Con promedio de 11.4%..... **102**
Figura 54. Gráfico estadístico (porcentaje vs. muestras) que indica la distribución del contenido de Fe_2O_3 en las muestras analizadas mediante el método FRX. Con promedio de 7.33%. **102**
Figura 55. Gráfico estadístico (ppm vs. Muestras) que indica la distribución de los elementos menores y trazas: Vanadio (V), circonio (Zr), niobio (Nb), hafnio (Hf) analizados mediante el método FRX. **103**
Figura 56. Distribución geográfica de elementos de tierras raras con el método de Fluorescencia de Rayos X – FRX elementos menores y trazas. **107**
Figura 57. Gráfico estadístico (ppm vs muestras) que indica la distribución de elementos metálicos y de tierras raras mediante el método ICP - MS..... **108**
Figura 58. Distribución geográfica de elementos metálicos, con el método de Espectrometría de Masas **111**
Figura 59. Zona de erosión (procesos de escurrimiento), donde se observa niveles de arenas y arcillas. Esto se presenta cercano a zonas de drenaje. Vía pozo Saltarín. YPS-092 N= 995018, E= 1046076, Cota= 320. ..... **117**
Figura 60. Procesos erosivos y formación de flujos de detritos en los depósitos no consolidados de horizontes arenas arcillosas. Sector de Guanape. N: 974,306, E: 1'008,969, Cota: 206 m.s.n.m, estación CAG-096..... **118**
Figura 61. Grietas de erosión formadas por cárcavas, producto del lavado de **119**
Figura 62. Mapa de Focos Sísmicos de Colombia. El área de estudio (Departamento del Vichada), se encuentra en el rectángulo negro. **120**
Figura 63., Cruce vía antigua y nueva a Guanape, donde se observa un valle (Qll) desarrollado en medio de las lomas cubiertas por fragmentos de costras

ferruginosas (Qcf). Estos depósitos se asocian a las geoformas de altillanuras planas y disectadas. Estación . JRA060 ..... **125**
Figura 64. Sabanas al norte del caño el Guarrojo. Donde se observa sobre la vía; sedimentos de arenas, friables de color amarillo pálido, de posible origen eólico. Estación MV-021. ..... **126**
Figura 65. Vía de San José de Ocuné a Tres Matas. Se observa la zona de nacimiento del caño Guacamayas, en el cual son evidentes las zonas pantanosas que son inundadas invierno. JRA-087-F2..... **126**
Figura 66. Configuración actual de la cuenca de los Llanos Orientales. (Esquema de propuesta para este trabajo). **127**

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. Líneas de vuelos utilizados para la fotointerpretación. **30**
Tabla 5. Estaciones geológicas y muestras colectadas en la plancha 253 (Guacamayas)..... **34**
Tabla 6. Descripción de las Unidades Geomorfológicas. **40**
Tabla 7. Unidades litoestratigráficas informales del proyecto de Cartografía geológica del Bloque 9, Departamento del Vichada..... **54**
Tabla 8. Columnas estratigráficas levantadas en la plancha 253..... **57**
Tabla 9. Muestras colectadas para la Unidad Qcf. **62**
Tabla 10. Muestras analizadas con lupa binocular para la Unidad Qcf **63**
Tabla 11. Muestras con análisis petrográficos de la Unidad Qcf. **64**
Tabla 12. Muestras colectadas para la Unidad Qpe. **72**
Tabla 13. Muestras analizadas con lupa binocular para la Unidad Qpe. **73**
Tabla 14. Muestras colectadas para la Unidad Qll **77**
Tabla 15. Muestras colectadas para la Unidad Qac**.** **78**
Tabla 16. Muestra analizada con lupa binocular para la unidad Qac. **79**
Tabla 17. Orientación de los lineamientos regionales observados en el área de estudio **84**
Tabla 18. Control de muestras válidas (V) y no válidas (NV) en los resultados obtenidos por FRX. **93**
Tabla 19. Resultados de análisis por FRX para las muestras seleccionadas en el área de estudio. La última fila corresponde a los valores promedio para la corteza continental para dichos elementos y compuestos (Rudnick y 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 para dichos elementos (Rudnick y Gao, 2003). En rojo se encuentran los valores que estuvieron por encima del promedio de la corteza..... **96**
Tabla 21. Resultados de Circonio (Zr) **104**
Tabla 22. Resultados de Vanadio..... **104**
Tabla 23. Resultados de Niobio (Nb)..... **105**

Tabla 24. Resultados de Hafnio (Hf)..... **105**
Tabla 25. Resultados de Itrio (Y) **108**
Tabla 26. Resultados de Bario (Ba)..... **109**
Tabla 27. Resultados de Manganeso (Mn)..... **109**
Tabla 28. Resultados de Zinc (Zn)..... **109**
Tabla 29. Análisis de muestras con manifestaciones de elementos de Tierras Raras. Método fluorescencia de rayos X-FRX **112**
Tabla 30. Análisis de muestras con manifestaciones de elementos de Tierras Raras. Método de espectrometría de masas ICP-MS. **113**
Tabla 31. Ensayo granulométrico para fuentes agregados **114**
Tabla 32. Categorías de clasificación para Geotopos **123**

LISTA DE ANEXOS

Anexo A1. Estaciones geológicas.
Anexo A2. Muestras colectadas
Anexo B1. Mapa geológico de la plancha 253 (Guacamayas). Escala 1:100.000.
Anexo B2. Mapa geomorfológico de la plancha 253 (Guacamayas). Escala 1:100.000.
Anexo B3. Mapa de estaciones de la plancha 253 (Guacamayas). 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 253 (Guacamayas). Escala 1.100000
Anexo I. Mapa fotogeológico de la plancha 253 (Guacamayas). Escala 1:50.000
Anexo J. Mapa de campo de la plancha 253 (Guacamayas). Escala 1:50.000
Anexo K. Mapa de campo de la plancha 253 (Guacamayas). Escala 1:25.000

RESUMEN

El área de estudio se localiza en el departamento del Vichada, ocupa el área de que se conoce como la plancha 253 (Guacamayas), la cual alcanza una extensión de 2.400km^2. En esta plancha se encuentran los corregimientos de El Viento, Tres Matas y Guacamayas; caseríos menores como Guanape, El Danubio, Maragua, El Progreso, Chamaparro, Buenavista, La Rosita, Algarrobo, Tinajas, La Esperanza y Sinariapo entre otros. Zonas que se hallan habitadas por colonos e indígenas de los resguardos Muco-Mayoragua, Muco-Guarrojo.

La principal red hidrográfica del área la corforma las corrientes de los ríos Muco y Guarrojo, que en dirección noreste- suroeste que desemboca en el río Vichada, también hacen parte de esta red, los caños, Mayoragua, Charrojo, Pozo azul, Cabiamo y caño Guaturia, afluentes que en su mayoría pertenecen a la cuenca del río Vichada, hacia el norte de la plancha se encuentra los caños Urimica, Pore y caño Samuno, afluentes del río Tomo.

El clima en la región de la Orinoquia donde se sitúa el departamento del Vichada presenta: temperaturas entre 18° a 36°C, precipitación pluvial entre los 1.500 a 2.540 m.m./año con máximas lluvias de abril a septiembre y mínimas de febrero a marzo. Igualmente en la región de la Plancha 253, el relieve está conformado por suelos planos, cóncavos, convexos a suavemente ondulados, donde se encuentran vegetación de pastizales, morichales y bosques de galerías y hacia el occidente se hallan cultivos arbóreos de tipo maderable.

En el levantamiento de la cartografía geológica de la plancha 253 (Guacamayas), se reconocieron 5 unidades cartográficas, las cuales han sido definidas de las siguiente manera: Sedimentos pedogenizados asociados a costras ferruginosas (Qcf), Depósitos Eólicos (Qe), Depósitos de Penillanuras Eólicas (Qpe), Depósitos de Cauce aluvial (Qac), y Depósitos de Llanuras de Inundación (Qll). En cada una de estas unidades, se reconocieron sus características litológicas, se tomaron muestras para diferentes tipos de análisis, como 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 “253 quadrangle – Guacamayas” and reaches an extension of 2.400km^2. In this quandrangle it can find some jurisdictions like El Viento, Tres Matas and Guacamayas and some minor hamlets like Guanape, El Danubio, Maragua, El Progreso, Chamaparro, Buenavista, La Rosita, Algarrobo, Tinajas, La Esperanza and Sinariapo among others. These places are inhabited by a colonists population and guards indigenous from Muco-Mayoragua and Muco-Guarrojo.

In this region, the most important hydrographic network corresponds to streams that keep the flow direction from west to east like Muco and Guarrojo rivers, and some differents spouts like Caño Mayoragua, Caño Charrojo, Caño Pozo Azul, Caño Cabiamo and Caño Guaturia, water tributaries belongs to Vichada´s River basin. Northwardly of the map, it can find the Urimica and Pore Samuno Streams.

Orinoquia´s region of Vichada´s department weather shows: temperatures goes from 18° to 36°C, fluvial rainfall between 1500 and 2540 m.m./year showing a maximum rainfall during April to September, and a minimum from February to March. The relief of this quadrangle is made up by plain, concaves, convex and lightly waved soils. Those conditions allow the development of different types of landscapes and vegetation corresponding to large extents zones of grasslands and gallery forests, and westward it can find woody tree crops.

Performing the geological cartography of 253 quadrangle (Guacamayas), there have been recognized 5 cartographic units which have been defined in this form: pedogenetic sediments associated with ferric crust (Qcf), Aeolian deposits (Qe) 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 make different analysis like palinological, petrographic and geochemical analysis.

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 pedogenesis, laterization 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 that the rocks have a high fracturing level due an impact, which happened in this 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 253 (Guacamayas), 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, para la planificación del trabajo de campo. Como resultado de estas tareas se ejecutaron dos fases de campo. Durante el meses de marzo y mayo de 2012. Como actividades inmediatas se realizaron las traversas geológicas, en la plancha 253 (Guacamayas). Posteriormente se hace la integración de 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 en 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 la base topográfica de esta plancha. 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 tomó 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 253 (Guacamayas), 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 253 (Guacamayas) 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 253 (Guacamayas), que hace parte del llamado Bloque 9, del Servicio Geológico Colombiano, donde se encuentran extensas sabanas naturales interrumpidas por bosques de galería y por las corrientes del río Muco y Guarrojo. 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 GEOGRAFÍCA

La Plancha 253 (Guacamayas) está localizada en el extremo nor-occidental del Bloque 9, al Oeste del municipio de Cumaribo, y se ubica entre las siguientes coordenadas (
Figura 1).

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

**Coordenadas origen: Este – Magna Sirgas*

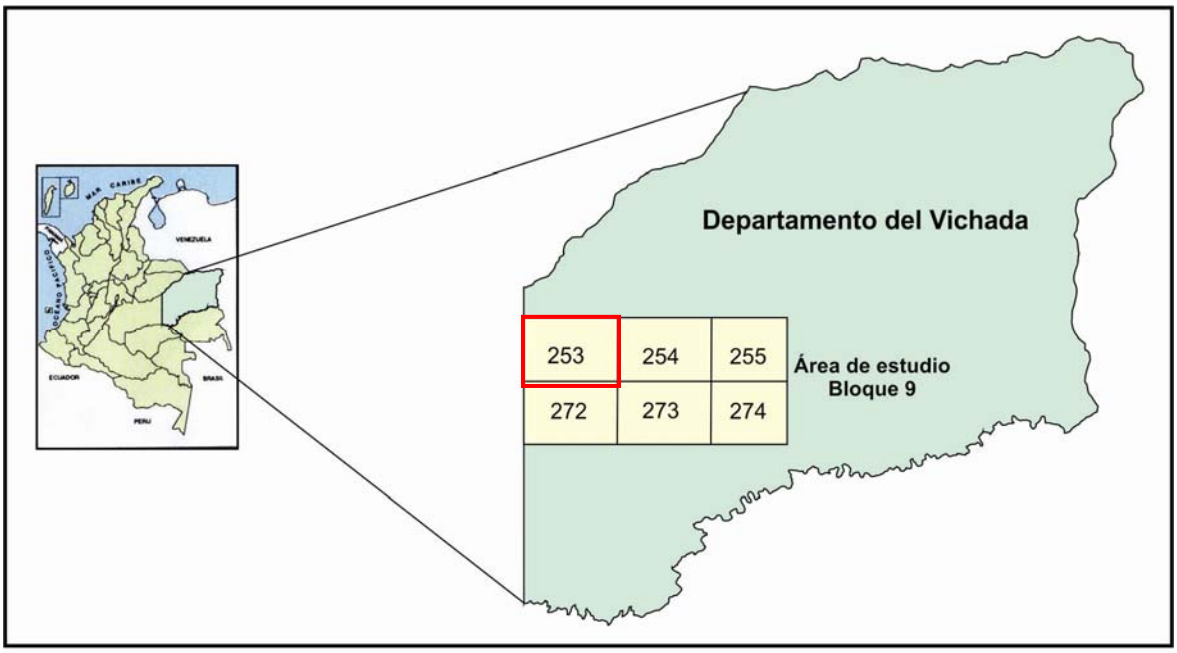

Figura 1. Mapa de localización del Bloque 9 – plancha 253 (Guacamayas). Departamento del Vichada.

Este informe presenta la memoria geológica de la Plancha 253 (Guacamayas), 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 con una duración de 2 horas. También existen pistas secundarias, localizadas en los caseríos de Las Gaviotas, Guacamayas, San José de Ocuné y Puerto Príncipe.

En la Plancha 253 – Guacamayas, la principal vía terrestre es la que comunica a los caseríos El Viento y Tres Matas con el municipio de Cumaribo del oriente, también se encuentra vías alternas como Tres Matas – Guanape – Cumaribo, a donde se llega a través de una carreta destapada pasando el río Muco, en pequeñas canoas en el sector de Puerto Rico (
Figura 2).

Figura 2. Panorámica del paso en el río Muco, sector finca Puerto Rico.

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 solo hasta 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 253 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 253 y arcillosos hacia los terrenos bajos en límites con los ríos Muco y Guarrojo 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 253, 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 y el río Meta, el cual también limita con este país y con los departamentos de Arauca y Casanare y al sur se encuentra el río Guaviare, que separa a los departamentos de Guainía y Guaviare.

Dentro de la plancha 253, la red hidrográfica corresponde al rio Muco que tiene como tributario a los caños Mayoragua, Algarrobo, Pozo Azul, Aracure, Cabiamó entre otro. Al sur de la plancha se halla el rio Guarrojo y los caños Camumabá, Chiguiro, y Saloma, afluentes del rio Vichada. También se encuentran los caños Urimica y Pore afluentes del Tomo (
Figura 3).

Figura 3. Mapa hidrográfico de la plancha 253, 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-. Además es una importante vía fluvial que sirve como ruta de navegación para pequeñas embarcaciones (IGAC, 1996).

1.5.3 Río Guarrojo

Nace en la región de planas al sur del municipio de Puerto Gaitán, recorre parte del departamento del Meta y atraviesa la plancha 253 por la región sur-occidental y desemboca en el río Vichada en el sector de la plancha 272.

1.5.4 Caño Algarrobo

Nace en la región de El Viento de la Plancha 253, presenta una dirección este-oeste y desemboca en el río Muco, en los límites del caserío de Algarrobo.

1.5.5 Caño Cabiamó

Nace en las regiones del sureste de la Plancha 253, presenta una dirección este-oeste y en su corto recorrido desemboca en el río Muco, en cercanías al sector de Santa Rita.

1.5.6 Caño Guaturia

Nace en la región denominada Bocas del Guaturia de la Plancha 253, presenta una dirección nor-oeste a sureste y desemboca en el río Vichada, en el sector de la vereda de Guaturia de la Plancha 272.

1.5.7 Caño Urimica

Este caño se ubica al norte de la Plancha 253, presenta una dirección suroeste – noreste y desemboca en el río Tomo.

1.6 VEGETACIÓN

En esta región del río Muco y Guarrojo 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.

1.7 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 población. 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 253 – Guacamayas, ocupan las llanuras de sabanas a orilla de las principales vías, donde han establecidos los centros urbanos de Tres Matas y las Gaviotas.

1.8 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 con 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 253 (Guacamayas), 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 activos.
- Elaboración de informes geológicos preliminares, mapas geológicos y geomorfológicos para cada una de las planchas en mención.
- Elaboración de las memorias geológicas finales 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 consultados 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 253 - Guacamayas, de 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, esta no existe. Debido a 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, presentan las planchas utilizadas.

Tabla 3. Resumen de la información topográfica.

Tema	Índice	Escala
Espacio mapa	253 (Guacamayas)	1:100.000 IGAC
Carta General	253 (Guacamayas)	1:100.000 IGAC
Mapas Topográficos	253 (I-II-III-IV)	1:50.000 IGAC
Mapas Topográficos	253 I (A-B-C-D) 253 II (A-B-C-D) 253 III (A-B-C-D) 253 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 253. 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. Líneas de vuelos utilizados para la fotointerpretación.

VUELO	FOTOGRAFÍA AÉREA		ESCALA APROXIMADA	AÑO	Plancha
	DESDE	HASTA			
M-1325-60-64 S-1307	33278 (Caño Jochiva-Estero Nivenivene)	33263 (Río Cada)	1:60.000	1964	253-272
M-1293-60-64 S-1225	29968 (Río Vichada)	29982 (Caño El Boral)	1:60.000	1964	253-272
M-1285-60-64 S-1199			1:60.000	1964	253-272

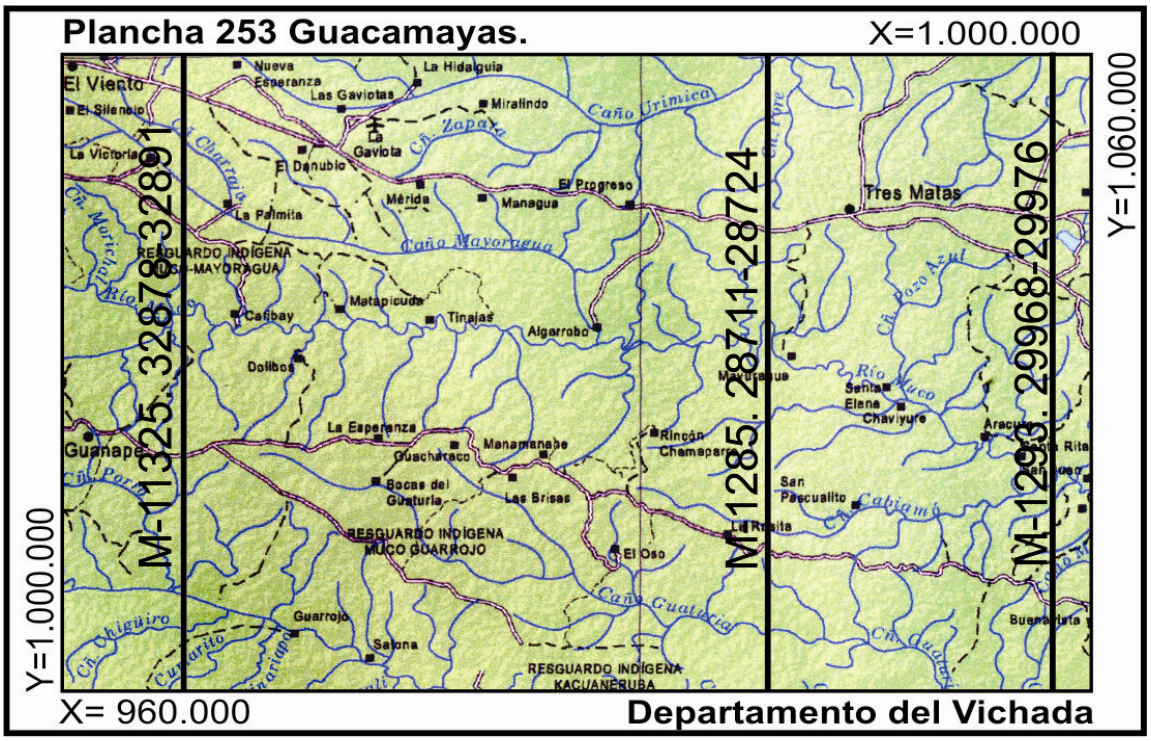

Figura 4. Mapa de ubicación de las fotografías aéreas usadas para la elaboración del mapa fotogeológico. (Tomado del mapa departamental del Vichada, escala 1:500.000. IGAC, 2008).

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 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 253 (Guacamayas), El total de estaciones geológicas y de muestras colectadas durante las campañas de campo se presentan en la

Tabla 5.

Tabla 5. Estaciones geológicas y muestras colectadas en la plancha 253 (Guacamayas).

Plancha	Estaciones Geológicas	Muestras Colectadas
253 (Guacamayas)	169	56

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 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 253 (Guacamayas) 53 muestras, las cuales fueron enviadas para los siguientes análisis:

- 25 muestras de sedimentos activos fueron enviadas al laboratorio de Geoquímica del Servicio Geológico Colombiano.
- 4 muestras para análisis de palinología. Fueron enviadas a; H. Duque, M. Rueda y el departamento de ciencias de la Universidad Nacional de Colombia.
- 3 muestras para análisis petrográfico, fueron analizadas por el petrógrafo R. Llinás
- 4 muestras para 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 al menos 170 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 253 (Guacamayas), 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 253 Bloque 9, (Anexo B2) a escalas 1:100.000 y 1: 50.000 del departamento del Vichada, se fundamentó en la revisión de la información secundaria, e imágenes de satélites y de fotografías aéreas aplicadas al análisis de las unidades de paisaje del área de estudio. 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 está conformada por los ríos Guarrojo, Muco y los caños Mayoragua, Urimica y Pozo Azul. Sobre estas franjas se encuentran los diferentes cauces o lechos activos que en su conjunto conforman un patrón dendrítico para grandes ríos como el Muco y Guarrojo. 2) La extensa llanura aluvial de desborde está asociada a los principales ríos como el Guarrojo y el Muco, generalmente presenta relieve bajo y plano, casi siempre inundable. 3) Unidades denudacionales (bien drenada), presentan diferentes grados de disección que va desde muy disectada, hasta muy poco disectada y no disectada. 4) La altillanura en detritos continentales, no están presentes en la plancha 253.

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 estudio de fotointerpretación, 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 268120060-07, APLSRP 268120060-06, APLSRP 268120060-05, APLSRP 268120060-04, el espacio mapas 253 y las fotografías aéreas, S-11325 (32878 – 32891), S-1285 (28711 – 28724), S-1293 (29968 – 29976). En la
Figura 6 se pueden ver las imágenes de radar en la parte superior y el mapa geomorfológico (Anexo B2) Plancha 253 (Guacamayas), interpretado en la parte inferior.

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).

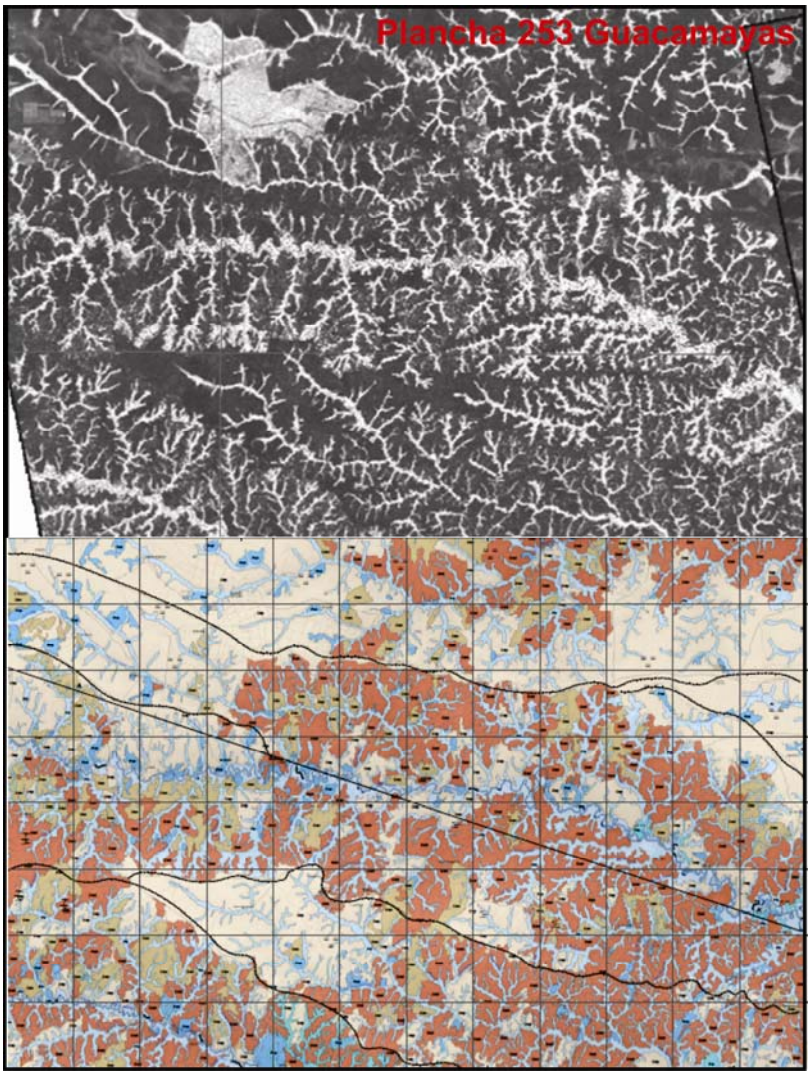

Figura 6. En la parte superior se observa la imagen de radar de la Plancha 253, en la parte inferior se presenta el mapa geomorfológico interpretado en este trabajo.

Para la definición del componente geomorfológico de la plancha 253, 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, 1988 y Flórez, 2003; en Velásquez, 1999; IDEAM, 2010).

El Servicio Geológico Colombiano, en sus estudios de evaluación del medio ambiente y Ordenamiento Territorial, ha utilizado una adaptación de las metodologías 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 de 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 composición, textura y disposición estructural del terreno.

Las fuentes de información utilizadas fueron fotografías aéreas, planchas cartográficas y trabajo de campo, donde se identificaron diferentes 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)	
	Cuencas de Decantación (Fcd)	
	Barras Puntuales (Fbp)	
	Paleocauces y Meandros (Fpm)	
	Zonas de Erosión Fluvial Acentuada (Fze)	
	Terrazas Aluviales (Ft)	Terraza Aluvial Baja (Ftb)
		Terraza Aluvial Alta (Fta)
Unidades de Origen Denudacional.	Altillanura Disectada (Dad)	
	Altillanura Plana (Dap)	
	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 en este proyecto.

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-arcillosos 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 Muco, Guarrojo y los caños Urimica, Mayoragua, Samboato y Pozo Azul. 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)

La llanura aluvial inundable asociada a los ríos Muco y Guarrojo se limita a franjas a lo largo del cauce con una superficie levemente inclinada hacia estos, las cuales está conformada 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 (Cortes, 1983)

Con el análisis de fotografías aéreas se evidenció que diques y napas de los ríos, forman sistemas de meandros que generan lagunas, lo que indica escasa pendiente de la llanura. La sedimentación en estos sistemas aluviales es fijada por los bosques de galería y a su vez facilitan su conservación. Sin embargo, la deforestación en estos sectores conduce al riesgo de desestabilización del sistema aluvial. (
Figura 7)

Figura 7. Sector inundado correspondiente al nacimiento del caño Guacamayas. Vía de San José de Ocuné a Tres Matas. JRA-087 N= 986,353, E= 1,054,908, Cota= 349 m.s.n.m

.

3.2.1.2 Barras puntuales (Fbp)

Son orillares o barras, características de los ríos meandricos, 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) que son arrastradas por la corriente; formando estructuras cóncavo-convexas, de forma alargadas y curvadas de diversa amplitud (Velásquez, 1999).

Las barras de cauce o de arena, son depósitos característicos de los ríos meandricos, formadas en sus lados internos y que se extienden a sus curvas (Villota, 1997). Estas formas indican los comportamientos de crecidas rápidas de corta duración y exceso de carga abandonada originando canales de flujo intercomunicados entre sí. En el área de la Plancha 253, tan solo se presenta en valle aluvial del río Muco (Figura 8).

Figura 8. Meandro del rio Muco, donde se forman pequeñas y ocasionales barras puntuales de arena. MV-09 N= 974.985 E= 1.052.824 cota 139.

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 con cubetas de inundación o paleocauces, que en el área de la Plancha 253 no alcanza extensiones mayores. La cobertura vegetal está compuesta por bosques de galería, mientras que en los interfluvios dominan los herbazales ralos de sabana (Cortes, 1983).

En inmediaciones de la finca Mayoragua - Santa Rita, se observaron huellas de antiguos sistemas de paleocauces y meandros sobre la planicie aluvial del río Muco. Estos paleocauces posiblemente en épocas de inundación son alcanzados por las corrientes torrenciales del rio Muco (
Figura 9).

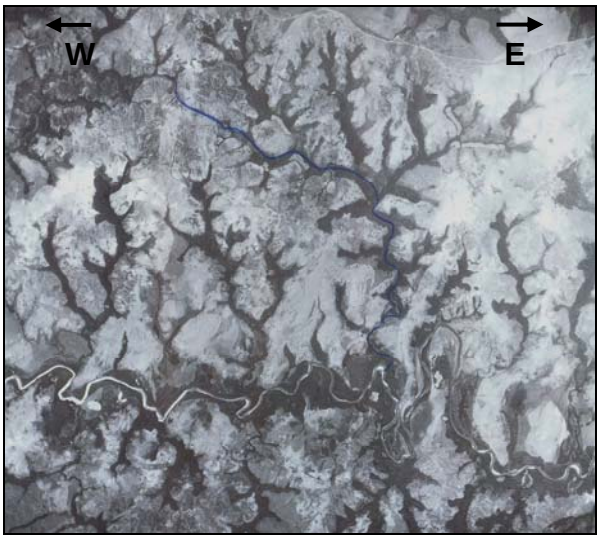

Figura 9. Foto aérea (Vuelo 1285 Numero 28722). Imagen del rio Muco, donde el desarrollo de meandros y de paleocauces, es moderado. Arriba y al centro de la imagen se muestran altillanuras planas y disectadas.

3.2.1.4 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 se denominan como planos inundables o cursos abandonados (Villota, 1997).

En la Plancha 253 Guacamayas, la unidad geomorfológica de cuencas de decantación ó planos inundables, se encuentra en varios sectores de los río Muco y Guarrojo, donde son comunes los planos inundación. Hacia el norte de la plancha sobre las altillanuras planas se encuentran remanentes ó huellas de los planos de inundación ó de decantación (Anexo B2).

3.2.1.5 Zonas 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 laterales. Los materiales aluviales son variados en su granulometría con materiales limo-arcillo también se encuentran capas arenosas y de gravas ferruginosas, en función de la proximidad a las formaciones superficiales de donde proceden los sedimentos como dunas y niveles de costras. (Velásquez, 1999).

Los depósitos aluviales de barras de arenas son producto de la erosión fluvial lateral, transporte y depositación de materiales de las márgenes de los ríos. La

sedimentación de estos sistemas aluviales es fijada por los bosques de galería que ocupan la llanura aluvial.

Los ríos Muco y Guarrojo y el caño Samboato, presentan corrientes, a lo largo y ancho de sus valles, aguas abajo, desarrollando así una serie de curvas o vueltas las cuales están asociadas a procesos de erosión lateral en el lado cóncavo del cauce y de sedimentación en el convexo.

3.2.1.6 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).

3.2.1.7 Terraza aluvial alta (Fta)

Las terrazas altas se localizan a los lados del plano inundable en forma intermitente y son originados por repetidos descensos del nivel base de erosión, Arriba quedan los niveles de terrazas y abajo el plano inundable, en ambos casos domina la erosión vertical que conduce a la incisión de la corriente dentro de sus propios sedimentos (Velásquez, 1999).

En la Plancha 253 (Guacamayas), las terrazas altas se presentan hacia la cuenca del rio Guarrojo y en menor relación se encuentran en el rio Muco.

3.2.1.8 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).

Los suelos que forman las terrazas bajas en los sectores de los ríos Muco y Guarrojo, corresponden al nivel más alto de la planicie de inundación, los cuales se encuentran a una altitud de unos 0.50 m. En el caño Urimica se presentan afloramientos de terraza baja compuesta por depósitos no consolidados de arenas y de materia orgánica (
Figura 10).

Figura 10. Caño Urimica, donde se presentan terrazas bajas, conformadas por materia orgánica y arenas inconsolidadas. Estación MB-038. Coordenadas N = 995797; E = 1016515

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 de 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).

En la vía que va de Puerto Rico a Guanape se presentan altillanuras disectadas en forma de colinas con alturas de 6 m aproximadamente. Estas colinas están constituidas por costras de hierro y por material areno-arcilloso, donde se observa que muchas de las disecciones están cubiertas por bosque de galería (

Figura 11). Igualmente se nota que los suelos de estas geoformas están relacionados con la posición dentro del paisaje; los de la cúspide son suelos con abundante gravilla de naturaleza férrica, y en las laderas los materiales son de texturas finas.

Figura 11. Altillanuras disectadas conformadas por arenas de costras ferruginosas. Estación YPS-044. Vía Puerto Rico - Guanape. N= 965941, E= 1052436, Cota= 171 m.s.n.m.

3.2.2.2 Altillanura plana (Dap)

La altillanura plana presenta una superficie plana homogénea y divisoria de aguas, conformadas por depósitos aluviales, arenas eólicas cubriendo las costras ferruginosas. En ocasiones se encuentran humedales y esteros. Son suelos pobremente drenados, de texturas moderadamente finas a gruesas, con profundidad efectiva que depende de las fluctuaciones del nivel freático.

La altillanura plana en el sector de la Plancha 253, presenta una superficie plana homogénea que actúa como divisoria de aguas, está conformadas por depósitos aluviales, arenas eólicas y se encuentran cubriendo a las costras ferruginosas. En ocasiones se localizan humedales y esteros. Donde los suelos están pobremente drenados (
Figura 12).

Figura 12. Sobre la vía que va al sector de Mayoragua se presenta un paisaje de relieve plano donde afloran arenas eólicas. Estación MB-033. Coordenadas N: 995.612; E: 1’002775

3.2.2.3 Altillanura con crestas planas (Dacp)

La unidad denominada altillanura con crestas planas se encuentra distribuida irregularmente en toda el área de la plancha 253 Guacamayas, limitada por restos de altillanura plana, por un talud o escarpe que evoluciona en superficie ligeramente inclinada y se afecta por escurrimiento difuso y concentrado.

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. Esta unidad geomorfológica se presenta en gran parte de la Plancha 253 (
Figura 13).

Figura 13. Panorámica donde se observa altillanuras con crestas planas, Estación. Vía principal Puerto Rico - Guanape. YPS-041. N= 964343, E= 1056814, Cota= 168 m.s.n.m.

3.2.2.4 Costras y capas de óxidos de hierro (DCfe)

Las costras ferruginosas se distribuyen en forma irregular y exhiben espesores variables en las partes altas de las colinas. También comprende suelos muy superficiales limitados por gravilla o fragmentos de grandes de costras ferruginosas.

En la Plancha 253, 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 14)

Figura 14. Morfología de colinas bajas, conformadas por boques de costras ferruginosas. Vía Guanape-Chaparral. Estación CAG-101-1. Coordenadas N: 971,968; E: 1,029,363.

3.2.3 Unidades geomorfológicas de origen eólico

Las unidades de origen eólico 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 ferralíticas, 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 (Cortes, 1983).

Las unidades de origen eólico, se encuentran en el sector noroeste del área de estudio entre los corregimientos del Viento y Tres Matas y en los alrededores del campamento de Gaviotas (
Figura 15).

Figura 15. Paisaje de colinas bajas compuestas por depósitos de arenas eólicas, no consolidados. . Via El Viento Tres Matas. Estación MB-036. Coordenadas N = 997775; E = 1011235.

3.2.4 Rasgos geomorfológicos

En la dinámica actual del área se presentan procesos morfodinámicos activos como la erosión laminar, cárcava, línea divisoria de agua y erosión en surcos. También actúan procesos acumulativos como depósitos eólicos cuaternarios. Los procesos de erosión laminar y erosión en surcos se presentan cerca a los corregimientos del Viento y de Tres Matas (Figura 16).

Figura 16. Geomorfología de peniplanicie (Qpe) conformada por material arenoso. Modelada por agentes climáticos Estación IQA096. N= 991.767, E= 1'002.127, Cota= 196 m.s.n

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 principal: el agua, el viento y la fuerza de gravedad (Cortes, 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 rio Muco y Guarrojo.

En zonas de la plancha 253 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 de los ríos Muco y Guarrojo 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 253 (Guacamayas) 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 logró 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 las unidades cartografiadas.

En el área de la Plancha 253 (Guacamayas) 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 253, que dio como resultado el esquema cronoestratigráfico que se muestra en la Figura 17.

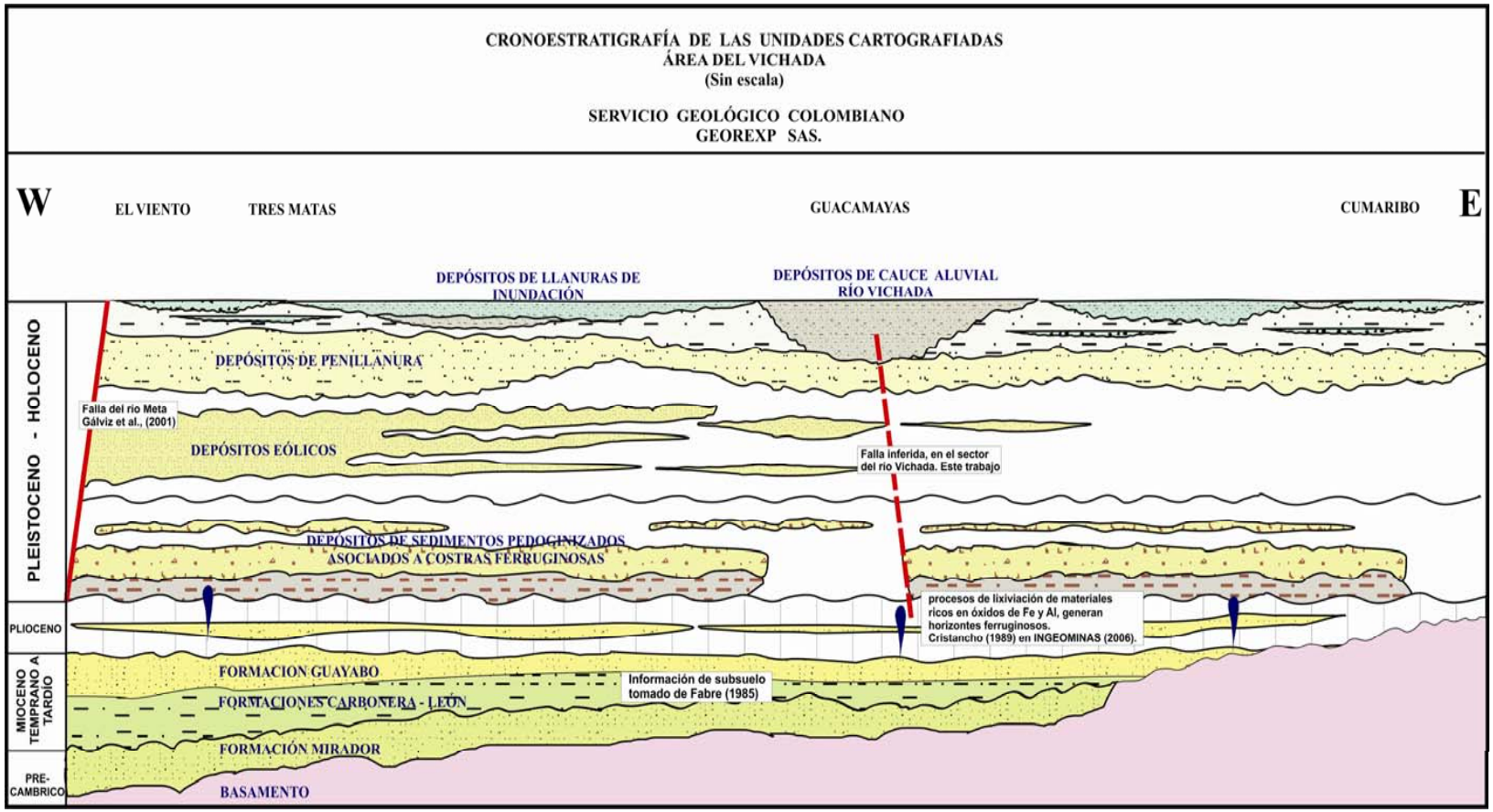

Figura 17. Esquema cronoestratigráfico de las unidades cuaternarias identificadas en el Bloque 9 – Plancha 253 (Guacamayas). La parte basal (subsuelo) hasta el Mioceno fue tomada y modificada de Fabré, 1985.

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 253 - GUACAMAYAS
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="2">EDAD</td><td rowspan="2">PERÍODO</td><td rowspan="2">ÉPOCA</td></tr>
<tr><td colspan="3">Depósitos Recientes</td></tr>
<tr><td rowspan="4">Cenozoico</td><td rowspan="4">Cuaternario (Q)</td><td rowspan="2">Holoceno</td><td colspan="2">Aluviales</td><td>Eólicos</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Depósitos de Cauce Aluvial (Qac)</td><td rowspan="3">Depósitos de Llanura de Inundación (Qll)</td><td rowspan="3">Depósitos Eólicos (Qe)</td><td rowspan="3">Depósitos de Penillanura Eólica Qpe)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Pleistoceno (Superior)</td></tr>
<tr><td colspan="3">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 información sísmica.

5. ESTRATIGRAFÍA

La estratigrafía del Bloque 9, departamento del Vichada y en la Plancha 253 (Guacamayas), 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 253, se tomaron 170 estaciones geológicas y se colectaron 56 muestras, las cuales fueron seleccionadas para análisis de: petrografía, palinología, geoquímica (Anexo A1, A2 y D). Para la clasificación composicional de areniscas, se utilizó a Folk (1974), (
Figura **18**).

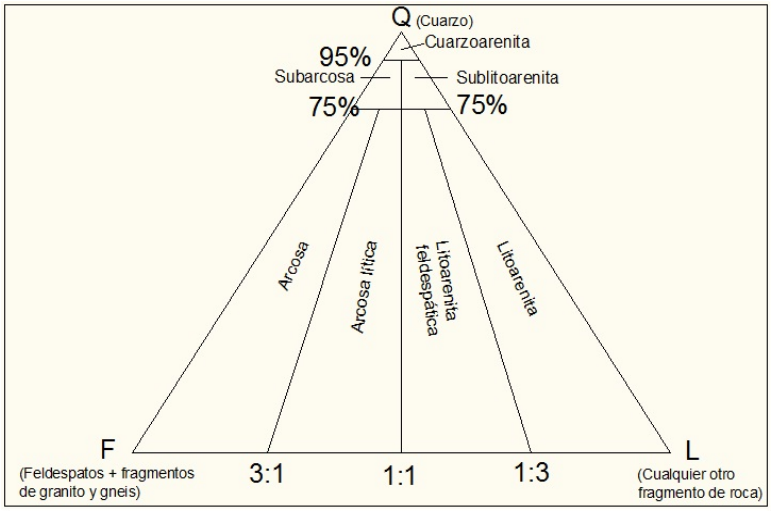

Figura 18. Triángulo de clasificación composicional para areniscas de Folk (1974).

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 11 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 (Figura **19**).

Tabla 8. Columnas estratigráficas levantadas en la plancha 253.

LEVANTAMIENTO DE COLUMNAS ESTRATIGRÁFICAS			
N° Plancha	**N° Estación**	**Unidad Estratigráfica**	**Espesor (m)**
253	MB 032	Qe	4
253	CAG 096	Qpe	10
253	MB 038	Qll	4
253	IQA 094	Qpe/Qcf	8
253	CAG 101	Qcf	10
253	MB 023	Qll	10
253	JRA 046	Qac	4
253	YPS 092	Qe/Qcf	4
253	MB 056	Qll	6
253	MB 059	Qll/Qac	4
253	YPS 046	Qcf	10

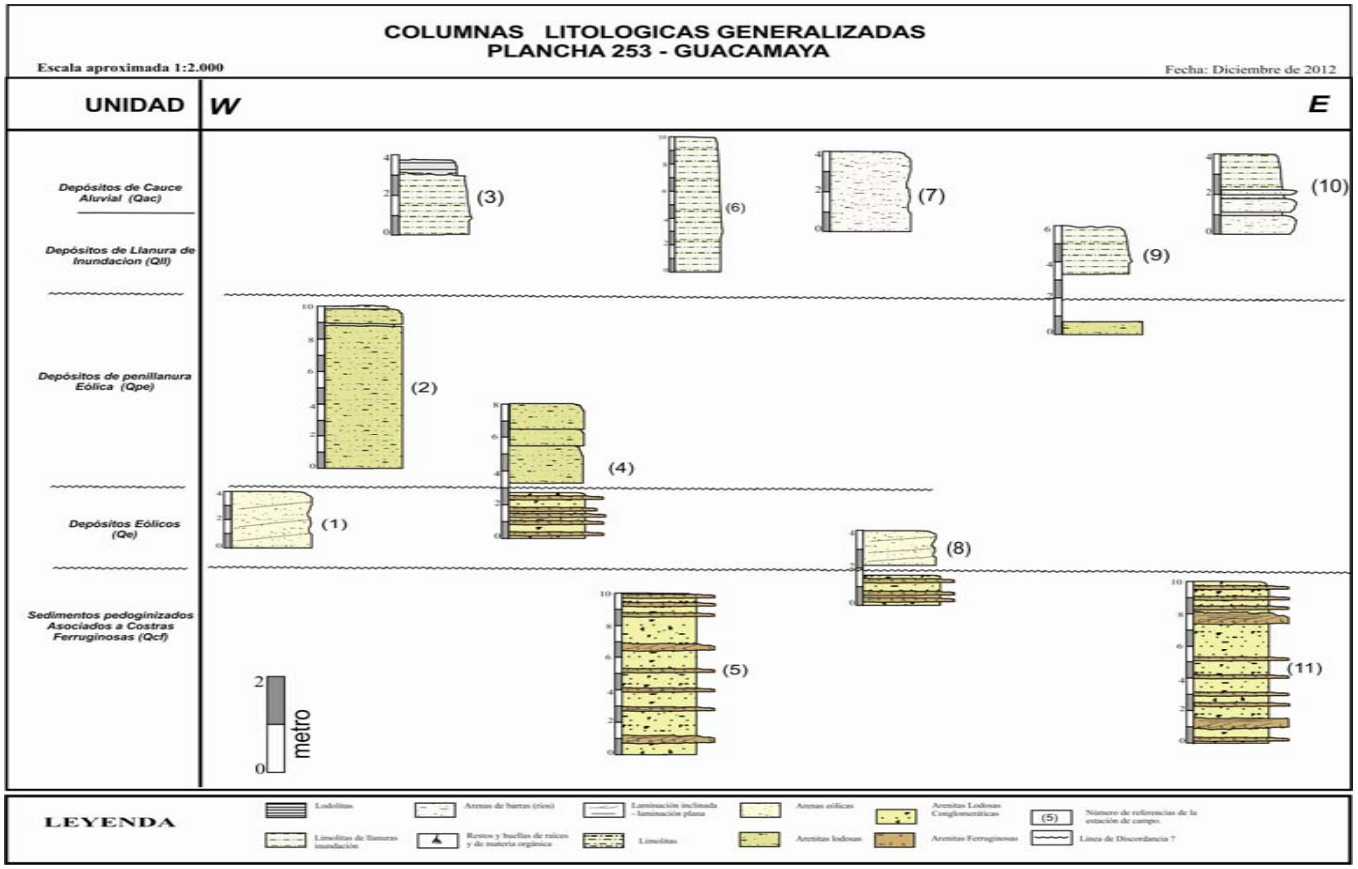

Figura 19. Columnas litológicas generalizadas de la plancha 253. Los números corresponden a las estaciones de campo de:(1) MB-032, (2) CAG-096, (3) MB-038, (4) IQA-094, (5) CAG-101, (6) MB-023, (7) JRA-046, (8) YPS-092, (9) MB-056, (10) MB-059 y (11) YPS-046.

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, las cuales han sido retrabajadas por diversos procesos sedimentarios tales como 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 localiza 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. En el 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 a discontinuos (Anexo B1 y Figura 17).

Localización

Las rocas de esta unidad se encuentran en las regiones del centro y sur de la plancha, como en los sectores de la cuenca de los rios Muco – Guarrojo y en los caseríos de Guanape, Puerto Rico y en las comunidades indígena Cuatro Moriches y de Saracure (
Figura 20).

Figura 20. Bloque y capas estratificadas de cuarzoarenitas de grano fino, con cemento ferruginoso. Estación IQA094. N= 990.150, E= 1'028.346, Cota= 177 m.s.n.m.

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 arcillolitas moteadas de tonos rojizos y amarillos, con lentes de arenitas de cuarzo, de grano fino hasta grueso, macizas, también se presentan intercalaciones de limolitas ferruginosas; sedimentos que se encuentran cubiertos por gravas y bloques de arenas de costras ferruginosas.
Figura 21.

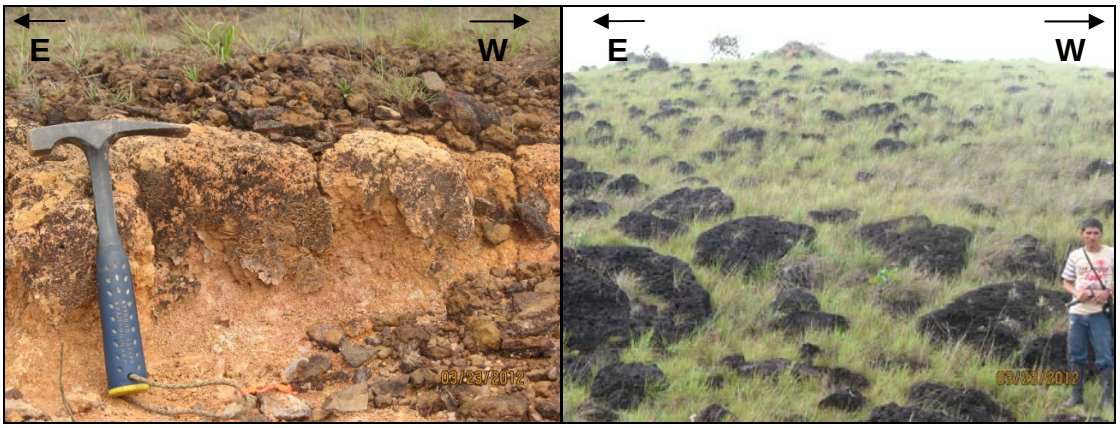

Figura 21. La imagen de la izquierda registra capas macizas de arcillolitas arenosas y moteadas, suprayacidas por arenas de costra ferruginosas. La imagen de la derecha muestra bloques de arenas de costras ferruginosas. MV-017, N = 985.938 E = 1.041.835.

Hacia el tope de estos depósitos y en contacto neto se encuentran los niveles gruesos de hasta de un 1 metro de arenitas ferruginosas, que forman grandes bloques de costras ferruginosas, de forma de coluviones (
Figura 22). En otras áreas de esta plancha, este nivel superior se encuentra conformando por capas medias a gruesas con estratificadas plana, ondulada a inclinada y en otros sectores, estos sedimentos ferruginosos se encuentran formando gravillas arriñonadas que generalmente tapizan el depósito o el suelo.

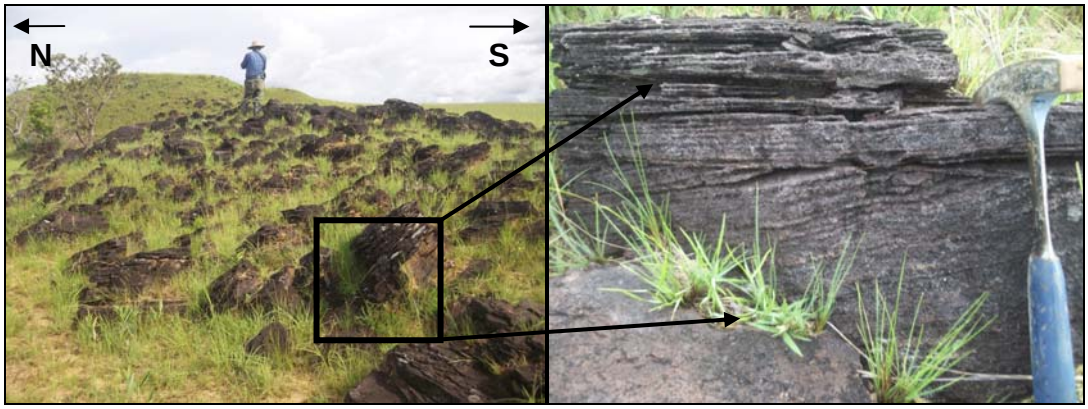

Figura 22. Bloques y capas estratificadas de arenitas de cuarzo con cemento ferruginoso. En imagen de la derecha se observa laminación plana paralela continua y estratificación cruzada. Estación CAG-101. Vía Guanape-Chaparral, coordenadas N: 971,968; E: 1,029,363.

Segmentos de esta unidad se observa en la vereda La Victoria y en la vía al pozo Saltarín, donde se presentan arenitas de grano fino a muy fino con cemento ferruginoso, al igual que limolitas ferruginosas, con texturas arriñonadas con tamaños entre gránulos a guijarros, formando sobre el terreno coberteras de costras (
Figura 23).

Figura 23. La imagen de la izquierda muestra limolitas arriñonadas y la imagen de la derecha costras ferruginosas que tapizan el suelo, conformados por gravas. Unidad (Qcf). Estaciones MV-017 y YPS-088.

Morfológicamente, esta unidad está formando colinas de mediana altura, con estratos planos a inclinados, con grandes bloque de arenitas ferruginosas, y sobre el piso se nota sedimentos de gravilla ferruginosas, (

Figura **24**).

Figura 24. Morfología de colinas con cimas alargadas, con intervalles en forma de U de la unidad Qcf. Estación MV-013, coordenada N: 976397; E: 1059639.

En la Unidad Qcf se tomaron un total de 17 muestras (Tabla 9), con el objetivo de caracterizar sedimentológica y geoquímicamente a la unidad.

Tabla 9. Muestras colectadas para la Unidad Qcf.

ESTACIÓN	PLANCHA (1:50.000)	Coordenadas		IGM	No MUESTRA
		N	E		
CAG-099	253-III	973,184	1,024,017	5,004,609	CAG-099-P
CAG-101	253-III	971,968	1,029,363	5004610	CAG-101-P
HDM-051	253-III	962,462	1,025,936	5,004,176	HDM-051-P
IQA-094	253-I	990,150	1,028,346	5,004,617	IQA-094-P
IQA-100	253-I	986,114	1,021,290	5,004,621	IQA-100-P
JRA-047	253-IV	977,987	1,037,554	5,004,604	JRA-047-P
JRA-053	253-IV	967,101	1,039,564	5,004,605 5,004,606	JRA-053-P1, JRA-053-P2
JRA-060	253-IV	966,221	1,048,718	5,004,607	JRA-060-P
MV-009	253-IV	974,985	1,052,824	5,004,068	MV-009. Mp
MV-033	253-III	967,158	1,002,953	5,004,628	MV-033
YPS-052	253-IV	972,775	1,044,883	5,004,611	YPS-052-P1
YPS-086	253-II	999,705	1,055,845	5,004,612	YPS-086-P2
YPS-088	253-II	999,300	1,050,769	5,004,173	YPS-088-P
YPS-095	253-II	994,225	1,038,112	5,004,174 5,004,613	YPS-095P1 YPS-095P2

YPS-099	253-II	988,023	1,042,830	5,004,616	YPS-099-P

Dentro de los análisis de las muestras colectadas, se realizaron diferentes estudios petrográficos y geoquímicos, entre los cuales se tienen:
Análisis con lupa binocular: Este estudio se realizó a 2 muestras (Tabla 10), lo que permitió detallar textura, composición y porcentajes de minerales, para esta clasificación se usó a (Folk, 1974) y en la
Figura **25**, se observan la clasificación grafica de estas muestras.

Tabla 10. Muestras analizadas con lupa binocular para la Unidad Qcf

Muestra	IGM	Composición			Clasificación Composicional Folk (1974)	Plancha
		Cuarzo	Feldespatos	Líticos		
YPS-052P1	5,004,611	95	0	0	Cuarzoarenita	253
IQA-094P	5,004,617	98	0	2	Cuarzoarenita	

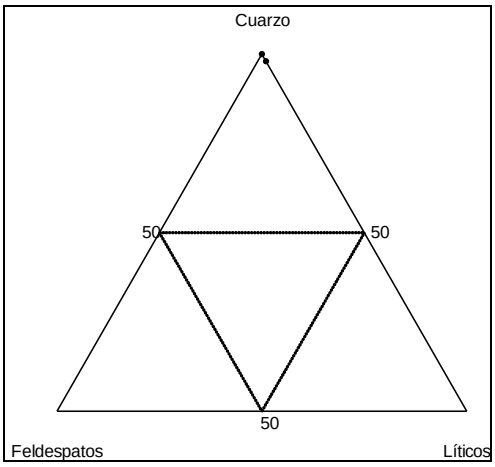

Figura 25. Triángulo de clasificación de (Folk, 1974), donde las muestras analizadas de la Unidad Qcf, se ubican en el campo de las cuarzoarenitas**.**

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

Análisis Petrográfico: Este estudio fue realizado a 3 muestras (Tabla 11), cuya descripción brevemente se hace en esta sección.

Tabla 11. Muestras con análisis petrográficos de la Unidad Qcf.

Muestra	Plancha	IGM	Coordenadas	
			N	E
YPS-095P2	253-II	5,004,613	994,225	1,038,112
YPS-099P	253-II	5,004,616	988,023	1,042,830
JRA-060	253-IV	5,004,607	966,221	1,048,718

Muestra YPS-095P2, IGM 5,004,613.
Cuarzoarenita ferruginosa de grano muy fino.

Es una roca compuesta por un esqueleto super maduro, a base de granos de cuarzo y un bajo porcentaje de fragmentos líticos también de composición silícea. La selección es moderada, con granos que varían entre el tamaño limo y arena fina, con predominio de arena muy fina. El carácter fino de las particular dificulta la identificación de fragmentos líticos lo que puede explicar el bajo porcentaje reportado (
Figura 26).

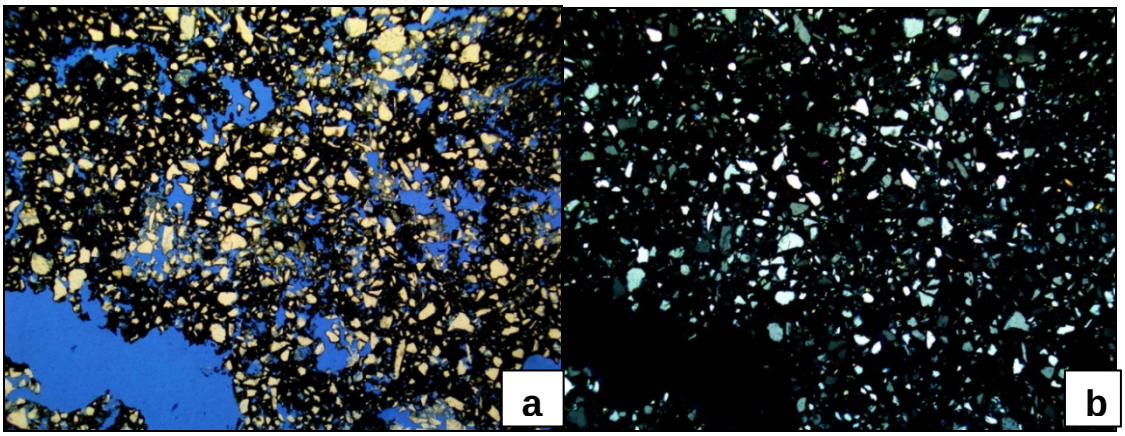

Figura 26. Cuarzoarenita de grano muy fino. a. Nicoles paralelos. b. Nicoles cruzados. Se observan clastos de cuarzo tamaño arena muy fina.

Muestra YPS-099P IGM, 5,004,616.
Litoarenita ferruginosa gradada

Es una roca compuesta principalmente por un esqueleto maduro, a base de granos de cuarzo, varios de ellos con microfracturamiento interno y fragmentos líticos incluyendo cuarzoarenitas de grano fino y muy fino, cuarcitas, limolitas silíceas, y lodolitas cementadas por óxido de hierro y manganeso. La selección

en general es pobre aunque se presenta una ligera gradación cíclica de tamaño arena media a arena gruesa en delgadas capas (
Figura 27).

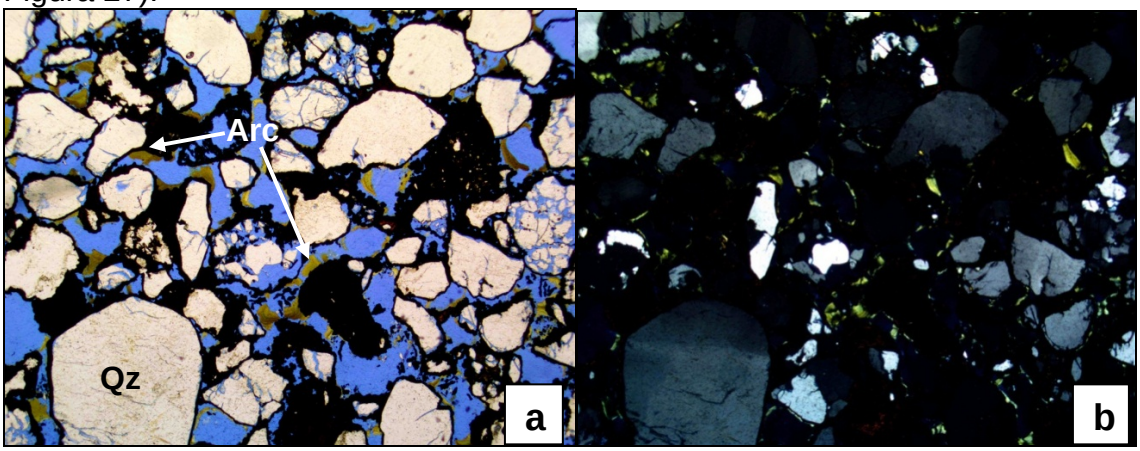

Figura 27. Litoarenita ferruginosa, se observan clastos de cuarzos, principalmente monocristalinos y algunos fragmentos de arcillas (Arc). Tamaño de las fotografías 4X. a. Nicoles paralelos. b. Nicoles cruzados.

Muestra JRA-60-P IGM 5,004,607.
Litoarenita ferruginosa de grano grueso conglomerática.

Es una roca clasto soportada con esqueleto supermaduro a base de granos redondeados a subredondeados, de cuarzo, fragmentos de cuarcitas, de areniscas de grano fino y muy fino, con muy pobre selección, cuyos diámetros fluctúan entre tamaño limo (0.04mm) y granulo (2.85mm) en una estructura ligeramente gradada, con predominio del grano arena gruesa, en contactos flotantes y cementados por abundante hematita. La porosidad que presenta es moderada de tipo móldico por salida de granos e intraclástica principalmente en los fragmentos de cuarzo arenitas de grano fino y en algunos cuarzos fracturados (
Figura 28).

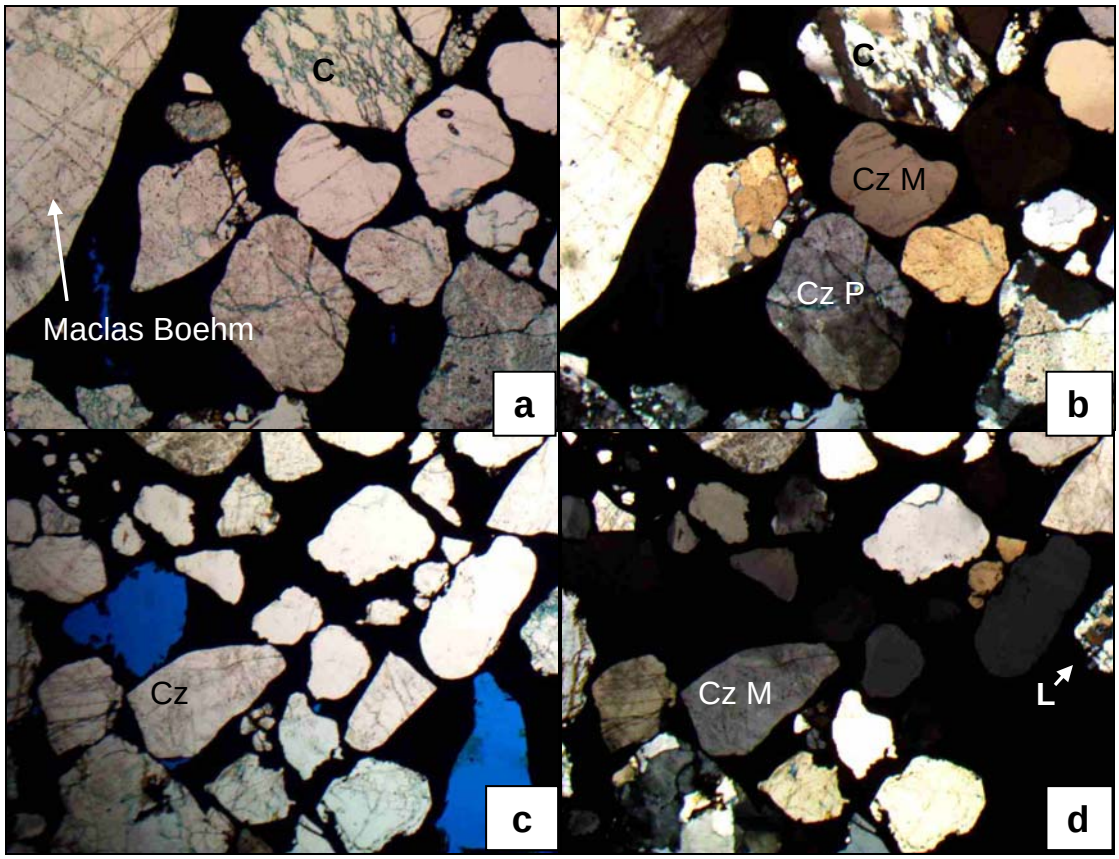

Figura 28. Muestra JRA 60. **a y c**. Nicoles paralelos. **b y d**. Nicoles cruzados. Clastos tamaño arena gruesa de cuarzo monocristalino y policristalino (Cz M, Cz P), algunos con macla de Boehm. Fragmentos líticos sedimentarios de cuarzoarenitas (L) y líticos metamórficos como cuarcitas (C).

Contactos

En el área de la Plancha 253, 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 700km^2. La base de la unidad no se observa en el área de la plancha 253. En los alrededores de Guanape, y de los ríos Muco y Guarrojo, esta unidad alcanza espesores de hasta 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 como Pleistoceno, por posición estratigráfica y por correlación con la Formación La Mesa. También es soportada con datos de palinología de las muestras; YPS-086-P1 y MV-009, que arrojaron la edad de Pleistoceno superior a Holoceno (Anexo D3).

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 rio 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 de cuarzo de grano fino a medio de color amarillo, bien seleccionadas, subredondeados a redondeados. Unidad que dentro del área de estudio presenta similares características a la descrita, pero su distribución se limita a las regiones nor-oeste de la Plancha 253.

Localización

Estos depósitos se encuentran cubriendo pequeños sectores de la Plancha 253, y los afloramientos se observan en las regiones de El Viento y en el centro experimental Las Gaviotas (
Figura 29).

Figura 29. Panorámica de la vía Mayoragua - Tres Matas, sobre el piso se exponen arenas friables, de grano medio. Unidad Qe. Estación MV-016. N= 988.780 E=1.042.220.

Descripción

Esta unidad se encuentra formando depósitos friables de arenas de cuarzo, con tamaño de grano de fino a medio, subredondeados a redondeados de alta esfericidad, selección moderada a buena. Presenta composición de cuarzo en 97% y en fragmentos líticos 3%. El color predominante de las arenas es marrón pálido, con variaciones a rojo claro por procesos de ferruginización. En algunos sectores de la plancha, este depósito alcanza espesores hasta de un metro (
Figura 30).

Figura 30. Arenas eólicas con granos de cuarzo, de color amarillo, subredondeados, sin matriz. Estación MB-032 , coordenadas N: 998198; E: 1’003.335

Contactos

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

Extensión

La exposición de esta unidad se encuentra en la plancha 253, en el sector de El Viento, cerca al centro experimental Las Gaviotas, cuyo espesor estratigráfico estimado puede ser de 2 m, y de acuerdo con la fotointerpretación del espacio-mapa, se estima que la extensión de este depósito es de 200 a 80 km^2 aproximadamente.

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, ferruginización o han sido cubiertos por vegetación.

5.2.2 Sedimentos 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 de la Plancha 253, donde los deposito están compuestas por 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%, y generalmente se hallan con restos de suelo (
Figura 31).

Localización

Los depósitos pertenecientes a esta unidad, se encuentran en los sectores norte de la Plancha 253, donde cubren grandes extensiones de sabanas. También se encuentran en la vía: Guacamayas - Guanape, sectores de Chaparral, Loma Linda, y en cercanías a las comunidades Guayabal y Muco - Guarrojo.

Figura 31. Panorámica típica donde se observa planicie arenosa. Vía principal Puerto Rico – Guanape. Estación YPS-056. Coordenadas N= 972157, E= 1037333, Cota= 200 m.s.n.m.

Descripción

Generalmente esta unidad, se encuentra formando los extensos depósitos inconsolidados de arenas de cuarzo y de líticos, con matriz limo-arcillosa, óxidos de hierro, materia orgánica y ocasionalmente huellas de bioturbación.

En el sector de Guanape se observa que hacia la base de esta unidad, se hallan bancos de 10 a 12 metros, de arenas de cuarzo, con tamaño de grano muy fino a medio, de color blanco, amarillo y rojizo, con matriz de limo arcillosa, granos subangulares a subredondeados, y moderada selección (Figura 32).

Hacia el techo se encuentran que las arenas forman secuencias granodecrecientes desde arenas finas a arcillas. Estas arenas son de cuarzo, con fragmentos líticos en baja relación, también se encuentran intraclastos de lodo y restos de materia orgánica (Figura 33).

En superficie esta unidad exhibe una topografía plana levemente ondulada con pendientes entre el 1 y 3 % y en este sector, es la unidad que conforma las grandes extensiones de sabanas.

Figura 32. Bancos de arenas de cuarzo de grano fino con matriz arcillosa. Vía Guanape -Chaparral, Estación CAG-096, Coordenadas N: 974,306; E: 1’008,969.

Figura 33. Parte superior de la unidad, conformada por arenas con matiz de lodo Caserío Guanape. Estacion CAG-096. Coordenadas N: 974,306; E: 1’008,969.

En la Unidad Qpe se tomaron un total 32 muestras (Tabla 12), con el objetivo de caracterizar sedimentológica y geoquímicamente a la unidad.

Tabla 12. Muestras colectadas para la Unidad Qpe.

ESTACIÓN	PLANCHA (1:50.000)	COORDENADAS		IGM	No MUESTRA
		N	E		
HDM-055	253-III	969,773	1,015,418	5,004,177	HDM-055-P
IQA-092	253-II	989,226	1,058,956	5,004,158	IQA-092-P
IQA-093	253-II	989,536	1,052,631	5,004,159	IQA-093-P
IQA-095	253-I	991,376	1,019,827	5,004,160 5,004,618	IQA-095-G IQA-095-M
IQA-096	253-I	991,767	1,002,127	5,004,161 5,004,619 5,004,620	IQA-096-G IQA-096-M IQA-096-Gran
IQA-098	253-I	987,878	1,008,065	5,004,077	IQA-098-P
IQA-099	253-I	986,693	1,015,883	5,004,162	IQA-099-P
IQA-101	253-I	994,579	1,012,732	5,004,163	IQA-101-P
IQA-102	253-I	995,988	1,009,515	5,004,164 5,004,622	IQA-102-G IQA-102-M
IQA-103	253-I	998,406	1,003,278	5,004,061	IQA-103-P
IQA-104	253-I	996,680	1,020,166	5,004,165 5,004,623	IQA-104-G IQA-104-Gran

JRA-048	253-IV	973,130	1,033,490	5,004,166	JRA-048-P
MB-043	253-II	987,664	1,031,703	5,004,028 5,004,029	MB-043-S1, MB-043-S2
MV-012	253-IV	978,218	1,059,488	5,004,624	MV-012
MV-016	253-II	988,780	1,043,220	5,004,625	MV-016
MV-017	253-II	985,938	1,041,835	5,004,626	MV-017
MV-020	253-II	983,264	1,035,323	5,004,627	MV-020
MV-047	253-IV	960,649	1,032,545	5,004,629	MV-047
YPS-043	253-IV	965,847	1,053,973	5,004,169	YPS-043-P1
YPS-083	253-II	994,047	1,056,728	5,004,170	YPS-083-P
YPS-084	253-II	995,775	1,054,113	5,004,171	YPS-084-P
YPS-087	253-II	991,083	1,055,788	5,004,172	YPS-087-P
YPS-093	253-II	994,030	1,045,752	5,004,081	YPS-093-P
YPS-096	253-II	992,042	1,037,655	5,004,175 5,004,614 5,004,615	YPS-096-P YPS-096-M YPS-096-Gran

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

Análisis con lupa binocular: Este estudio fue realizado a 4 muestras (Tabla 13) lo que permitió detallar textura, composición y porcentajes de minerales. Para esta clasificación se usó a (Folk, 1974) y en la
Figura **34**, se observan clasificación grafica de dichas muestras.

Tabla 13. Muestras analizadas con lupa binocular para la Unidad Qpe.

Muestra	IGM	Composición			Clasificación Composicional Folk (1974)	Plancha
		Cuarzo	Feldespatos	Líticos		
IQA-095P	5,004,618	95	0	2	Arena Cuarzosa	253
IQA-096P	5,004,619	92	0	5	Arena Sublítica	
IQA-102	5,004,622	98	0	2	Arena Cuarzosa	
YPS-096P	5,004,614	96	0	2	Arena Cuarzosa	

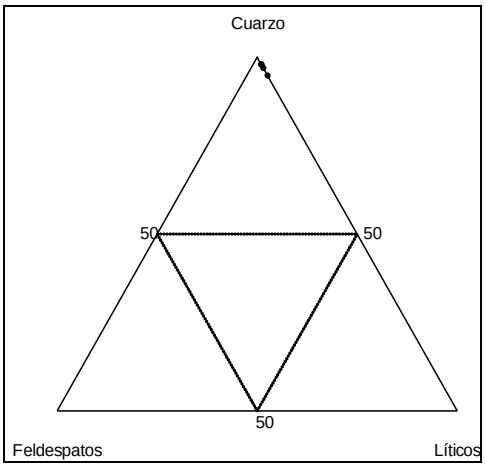

Figura 34. Triángulo de clasificación de (Folk, 1974), en el cual las muestras analizadas, se ubican en el campo de las cuarzoarenitas y en menor porcentajes en el de sublitoarentas.

Contactos

En el área de la Plancha 253, la unidad “Sedimentos de penillanura eólica” Qpe presenta un contacto de neto a transicional con la unidad infrayacente Qcf y con las unidades suprayacentes de origen aluvial; Qac y Qll, el contacto es transicional.

Extensión

En la plancha 253, esta unidad alcanzan un área de 600 km^2, que se ubica en los sectores norte, tal como fue interpretado en la imagen espacio-mapa 253 y con el trabajo de campo, se estima espesores hasta de 10 metros.

Correlación

Esta unida Qpe que se ha mencionado en este proyecto como “Depósitos de Penillanura Eólica”, es correlacionable con los “Depósitos de penillanura eólicos (Qpe y Qp)”, descriptos por INGEOMINAS (2010), en el proyecto de cartografía geológica del sector Norte del Vichada.

Edad

Para este depósito se ha reportado una edad Pleistoceno superior a Holoceno, por posición estratigráfica y por análisis palinológicos realizado a la muestra IQA-103-P (plancha 253-I) (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 35), 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 palinología (Anexo D3)

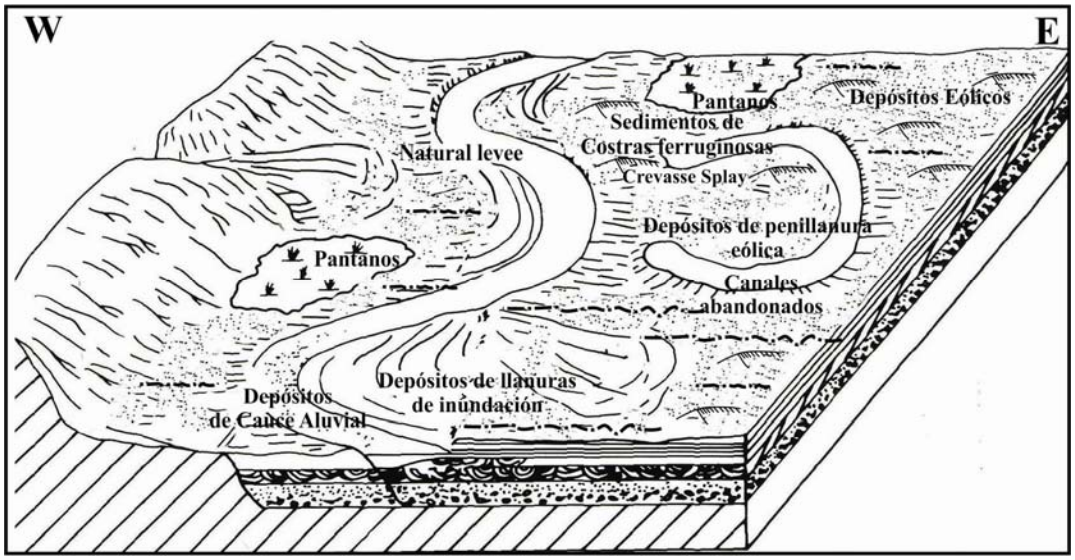

Figura 35. Diagrama de una planicie aluvial, donde se depositaron las unidades de costras ferruginosas, depósitos de penillanura eólica y sedimentos de origen aluvial (Tomado y modificado de Friedman *et al.*, 1992)

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 253 (Guacamayas). Donde los depósitos aluviales se encuentran relacionados a los diferentes ríos que drenan y descargan su caudal a la llanura de la Orinoquia. Depósitos de este tipo, se encuentran en los ríos Muco y Guarrojo.

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-arcilloso y han sido cartografiados a lo largo de grandes ríos como Meta, Bita entre otros. En este trabajo estos depósitos son principalmente característicos del rio Vichada, Muco y Guarrojo (Anexo B1).

Localización

Los depósitos de llanura de inundación, se encuentran localizados en las márgenes de los ríos Muco y Guarrojo y en menor extensión en los caños Guacamayas, Algarrobo, Guaturia y Urimica. (
Figura 36).

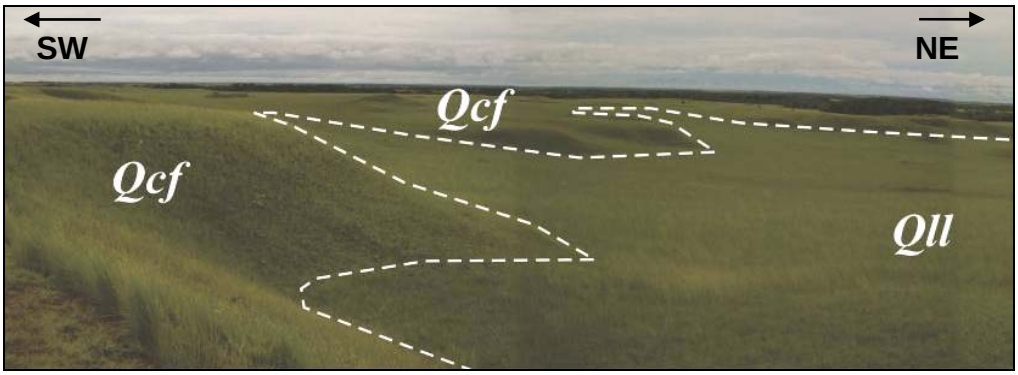

Figura 36. Panorámica donde se observa los depósitos de costras ferruginosas de la unidad (Qcf), y hacia los valles suaves se encuentran los depósitos de la unidad (Qll). YPS-088. Vía pozo Saltarín, Coordenadas N: 999300, E: 1050769.

Descripción

Las llanuras de inundación se encuentran conformadas por sedimentos no consolidados, con variaciones texturales entre arenas muy finas a limo-arcilloso, con restos de materia orgánica, de tonalidades gris oscuras a amarillas, con abundante restos vegetales de tipo arbustivo y 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-arcilloso, areno-arcilloso y de suelo,
Figura 37.

Figura 37. Afloramiento de capas macizas de arenitas arcillosas, inconsolidadas con mezcla de materia orgánica. Estación MB-056 N = 996419; E = 1045687.

Morfológicamente esta unidad de llanuras de inundación, se compone de terrenos bajos, contiguos a los cauces de las grandes corrientes de aguas (Figura 38)

Figura 38. Llanuras de inundación del Caño Samarro. Conformado por material arenoso no consolidado. Estación YPS-085. Coordenadas = 996282, E= 1055365, Cota= 325 m.s.n.m.

En esta Unidad Qll se tomaron en total 3 muestras (Tabla 14 y Anexo D4), con el objetivo de caracterizar geoquímicamente a la unidad.

Tabla 14. Muestras colectadas para la Unidad Qll.

ESTACIÓN	PLANCHA	COORDENADAS	IGM	No

	(1:50.000)	N	E		MUESTRA
JRA-088	253-II	987,823	1,048,951	5,004,168	JRA-088-P
MB-042	253-I	986,807	1,027,608	5,004,027	MB-042-SI
YPS-086	253-II	999,705	1,055,845	5,004,067	YPS-086-P1

Contactos
En la Plancha 253, la unidad Llanuras de inundación Qll, presentan contactos de tipos transicionales con las unidades adyacentes.

Extensión
Los depósitos de llanuras de inundación Qll en el área de la plancha 253 (Guacamayas), presentan una extensión del orden de los 400 km^2, los cuales se extienden a lo largo de los rios Muco y Guarrojo.

Edad
La edad de esta unidad se ha determinado como Pleistoceno superior a Holoceno por análisis palinológicos (Anexo D3); pero debido a la continua actividad que presentan estos depósitos se consideran 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 caminos naturales de los ríos, en la Plancha 253, los cauces principales lo forman los ríos Muco y Guarrojo, que alcanzan grandes extensiones, en las regiones del sur.

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 39).

En los cauces de los ríos principales como Muco, Guarrojo y en afluentes menores se forman bancos de arenas de cuarzo, de color amarillas, de grano muy fino a fino, buena selección, redondeadas, con bajo contenido sedimentos lodosos y óxidos de hierro, en algunos sectores estos depósitos presentan líticos, magnetita y minerales translúcidos, los cuales varían de acuerdo a la dinámica y material aportante del río.

Figura 39. Barra puntual depositada en la margen derecha del río Muco. Vereda Aracure Estación MV-009, sector de la. Coordenadas N: 974985, E: 1052824.

En esta unidad Qac, se colectaron en total 3 muestras (Tabla 15), a las cuales se realizó análisis geoquímico y a una muestra análisis de petrografía (Tabla 16).

Tabla 15. Muestras colectadas para la Unidad Qac.

ESTACIÓN	PLANCHA (1:50.000)	Coordenadas		IGM	No MUESTRA
		N	E		
HDM-040	253-IV	962,311	1,041,944	5,004,012	HDM-040-G
HDM-058	253-III	960,327	1,018,762	5,004,013	HDM-058-G
JRA-087	253-II	986,353	1,054,908	5,004,167 5,004,608	JRA-087-P JRA-087-P

Tabla 16. Muestra analizada con lupa binocular para la unidad Qac.

Muestra	IGM	Composición			Clasificación Composicional Folk (1974)	Plancha
		Cuarzo	Feldespatos	Líticos		
JRA 087P	5,004,608	97	0	3	Arena Cuarzosa	253

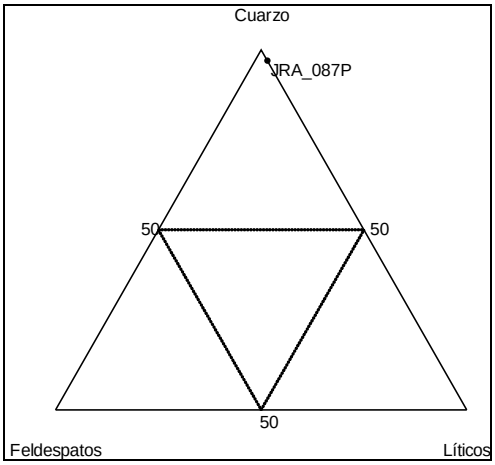

Figura 40. Triángulo de clasificación de (Folk, 1974), donde la muestra tomada (JRA-087), se ubica en el campo de las arena de cuarzo.

Contactos
En la Plancha 253, la unidad de Cauce Aluvial Qac, presentan al parecer contactos de tipo transicional con las unidades adyacentes.

Extensión
Los depósitos de Cauce Aluvial en el área de la Plancha 253 (Guacamayas), se presentan a lo largo y ancho de los ríos Muco y Guarrojo, también se presentan en menor extensión en los caños Guacamayas, Algarrobo, Guaturia y Urimica, donde alcanzan extensiones del orden de 500 km^2, y pueden alcanzar espesores hasta de 10 m.

Edad
La edad de estos depósitos ha sido determinada por posiciones estratigráficas como Holoceno a recientes.

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 tiene influencia los períodos de rápidas y cortas crecidas del río.

6. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

En el área de estudio del Bloque 9 – plancha 253 (Guacamayas), las expresiones estructurales tales como; pliegues, fallas, lineamientos, diaclasas entre otras son difíciles de determinar debido en gran parte a la geomorfología plana del Vichada y a la escasa presencia de registro 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, que 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 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 41). 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 La cuenca flexural (foredeep), que es la siguiente zona y presenta la mayor subsidencia flexural y la mayor acumulación de sedimentos; 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 42); 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).

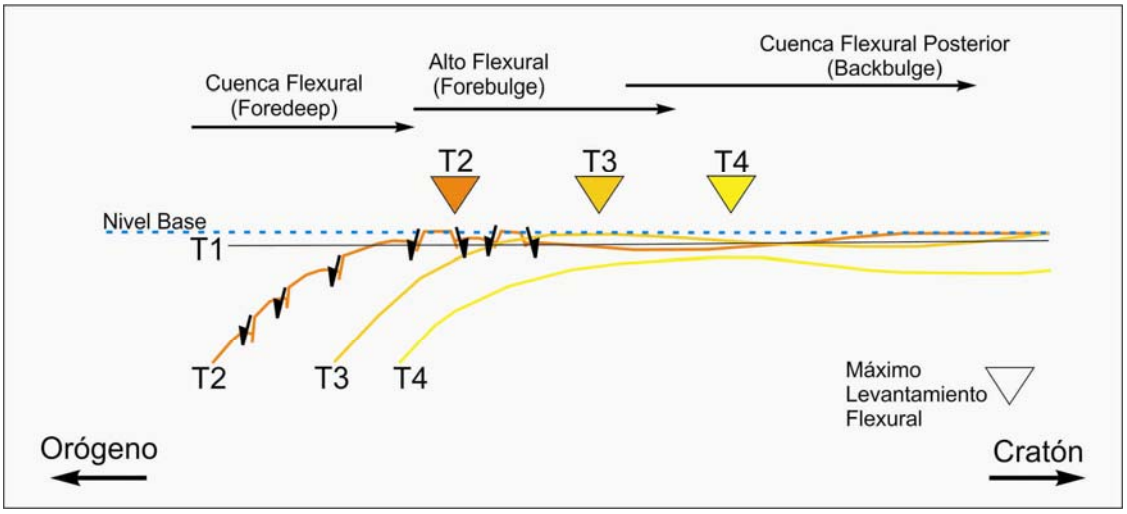

Figura 41. Migración de la ondícula flexural en un sistema de cuenca de antepaís. Según DeCelles y Giles (1996), tomado de Bayona *et al* (2008)

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).

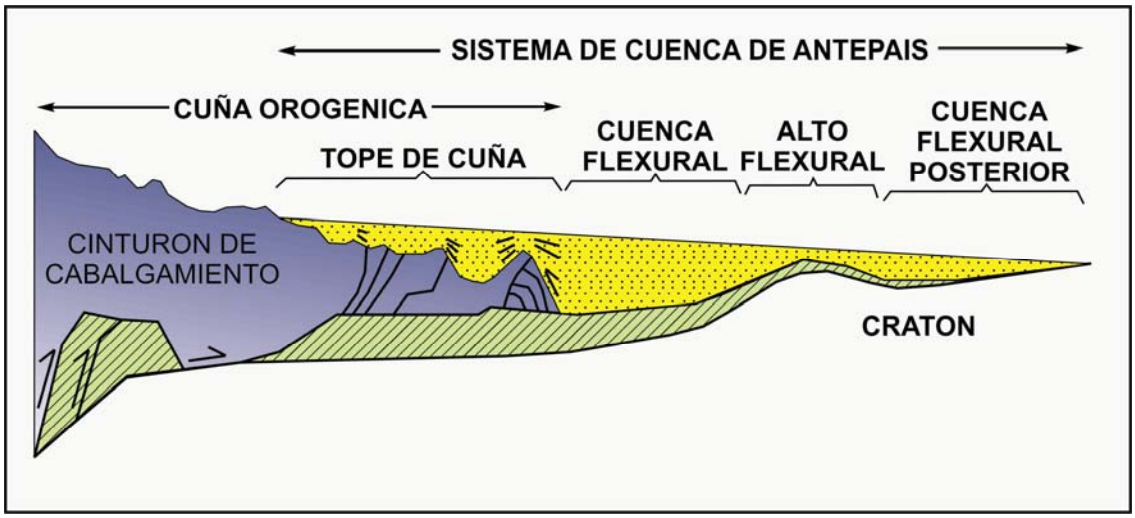

Figura 42. Esquema representativo de las zonas de depositación en un sistema de cuenca de antepaís. Tomado de DeCelles y Giles (1996).

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 253.

Las estructuras vistas en campo, son muy escasas e imprecisas, sin embargo, con el trabajo de campo, referencias bibliográficas y al análisis de fotogeología se lograron determinar algunas estructuras tales como lineamientos y pliegues y para la interpretación de los sistemas de fallas se usó información sísmica. En la
Figura 44, se presentan los rasgos estructurales y geológicos de la plancha y en la
Figura 47 se presenta el perfil estructural de esta plancha.

A continuación se describe 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 datos de control estructural tomados en la Plancha 253 (Guacamayas), se insinúa la existencia de una pequeña estructura definida como anticlinal de Aracure, (Anexo B1).

6.2.1.1 Anticlinal de Aracure

En esta plancha, el anticlinal de Aracure, ha sido en parte inferido, por las distancias a la que se tomaron los datos estructurales y por la forma plana del terreno.

El flanco occidental de este anticlinal ha sido referido con las estaciones MB-044 (220°/15°), MB-049 (235°/35°); localizadas en la plancha 253 y en límites con la plancha 254 en el sector del río Muco con las estaciones MV-015 (105°/4°), y MV-014 (50/11º), se define el flanco oriental del anticlinal de Aracure, que tiene dirección de N30^{o}E y una longitud de 15 Km (Figura 43).

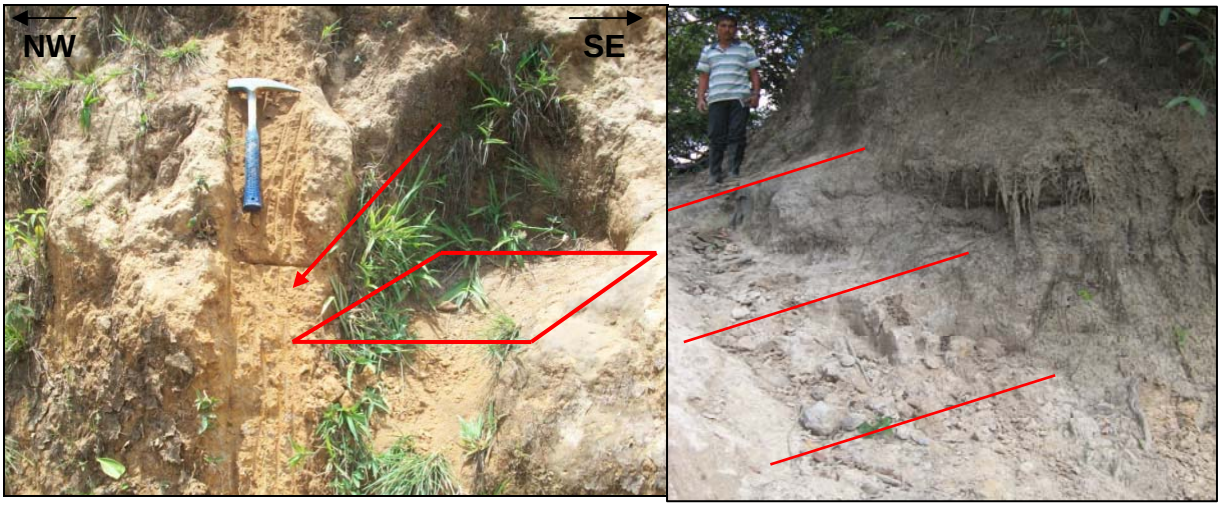

Figura 43. La imagen de la izquierda muestra el plano estructural (220°/15) de la estación MB-044. La imagen de la derecha muestra la dirección del plano estructural (105/4º) de la estación MV-015.

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.

Debido a lo anterior y a la calidad de la información sísmica, las expresiones estructurales de fallas no se reconocieron en campo, Sin embargo se llevó a cabo, la revisión de la información sísmica, de la cual se logró establecer ciertas estructuras del subsuelo, las cuales están presentando indudable patrón de direccionamiento coincidentes con las expresiones de los lineamientos de esta región. Entre las fallas interpretadas de subsuelo se encuentran: la falla del Caño Manamaname, falla del caño Jujubo y falla del caño Pozo azul.

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 44), los cuales son de carácter local y regional y presentan un único patrón de dirección y entre ellos tenemos (Tabla 17).

Lineamiento del rio 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)

Lineamiento del caño Guaturia: Tiene una orientación N60°W, el trazo se encuentra a lo largo del valle del caño Guaturia y tiene extensión desde la plancha 273 a la 253. Su terminación se marca por el punto de trazo de la falla del caño Jujubo (Anexo B1).

Lineamiento río Guarrojo, tiene dirección N70^{o}W , se prlonga desde la plancha 272, y el trazo se marca por todo el valle del rio Guarrojo. Es paralelo a los extensos lineamierntos regionales reportados (Anexo B1).

Tabla 17. Lineamientos interpretados en el área de estudio.

Lineamiento	Orientación
Río Guarrojo	N70^{0}W
Río Muco-Caño Chupabe	N60^{0}W
Caño Guaturia	N60°W

6.4 ESTRUCTURAS DEL SUBSUELO

La información sísmica disponible para este estudio fue aportada por el Servicio Geológico Colombiano, con lo cual se interpretaron o infirieron ciertas estructuras de fallas que no afloran en el área de estudio (Figura 44). 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. Entre las fallas interpretadas están las del Caño Manamaname, falla del caño Jujubo y falla del caño Pozo azul.

En esta zona se logró identificar fallas normales y otras inversas (Anexo B1) con saltos de aproximadamente 25 ms (50-75 m) y plegamientos muy suaves que en conjunto presentan una orientación de N30°E a N50°E (
Figura 44 y
Figura 46), 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 sísmica disponible (CL 1981-26-6, 04, y 1980-01, 02) se propuso la correlación de algunas de estas fallas, debido al similar estilo en las diferentes líneas, las cuales presentaron rumbos en el rango de N25°-45°E (
Figura 44). A continuación se describen las fallas resultantes de la interpretación de la sísmica del subsuelo

Falla del caño Jujubo:
Corresponde a una falla de tipo regional con una extensión aproximada de 35 km., presenta un trazo sinuoso con rumbo general N50°E, inclinación hacia el noroeste, vergencia sureste. Controla el curso del río Muco, y de algunos caños como el Saloma, Davito y algunos ramales del caño Guaturia, donde pone en contacto sedimentos de penillanura eólicos de la Unidad Qpe, con las arenitas ferruginosas de la Unidad Qcf (
Figura 44 y Anexo B1).

Falla del caño Pozo Azul:
Corresponde a una falla inferida con algún componente inverso, con inclinación hacia el sureste y vergencia hacia el noroeste, presenta un rumbo N30°E, una extensión aproximada de 13 km., e involucra los sedimentos de penillanura eólicos de la Unidad Qpe (Anexo B1). En el sector de Guacamayas, al parecer presenta un relevo corto pero con comportamiento normal como se aprecia en la sección estructural de la línea sísmica CL-1980-02 (
Figura 44).

Falla del caño Manamanane-Algarrobo:
Corresponde a una falla de tipo regional con una extensión aproximada de 20 km., presenta un trazo sinuoso con rumbo general N50°E, inclinación hacia el sureste, vergencia noroeste (
Figura 44). Controla el curso del río Muco, y de algunos ramales del caño Guatena, donde pone en contacto sedimentos de penillanura eólicos de la Unidad Qpe, con las arenitas ferruginosas de la Unidad Qcf. Así mismo controla

el curso de los caños Manamanane y Comején, donde involucra los sedimentos pedogenizados asociados a costras ferruginosas de la Unidad Qcf (Anexo B1).

Basados en la información de campo, así como también la información de subsuelo obtenida a partir de la información sísmica en las zonas donde hubo cobertura de esta, se interpretaron cuatro secciones estructurales regionales, una por cada línea sísmica disponible (

Figura 45 y

Figura 46) para ayudar a entender la distribución de las estructuras y a definir mejor las relaciones estratigráficas entre las unidades cartografiadas (ver Figura 44). Los perfiles se realizaron con una exageración vertical de 1:40. Para esta plancha, se elaboró un perfil estructural (
Figura 47) en sentido noroeste a sureste, donde se muestran estructuras de superficie y del subsuelo.

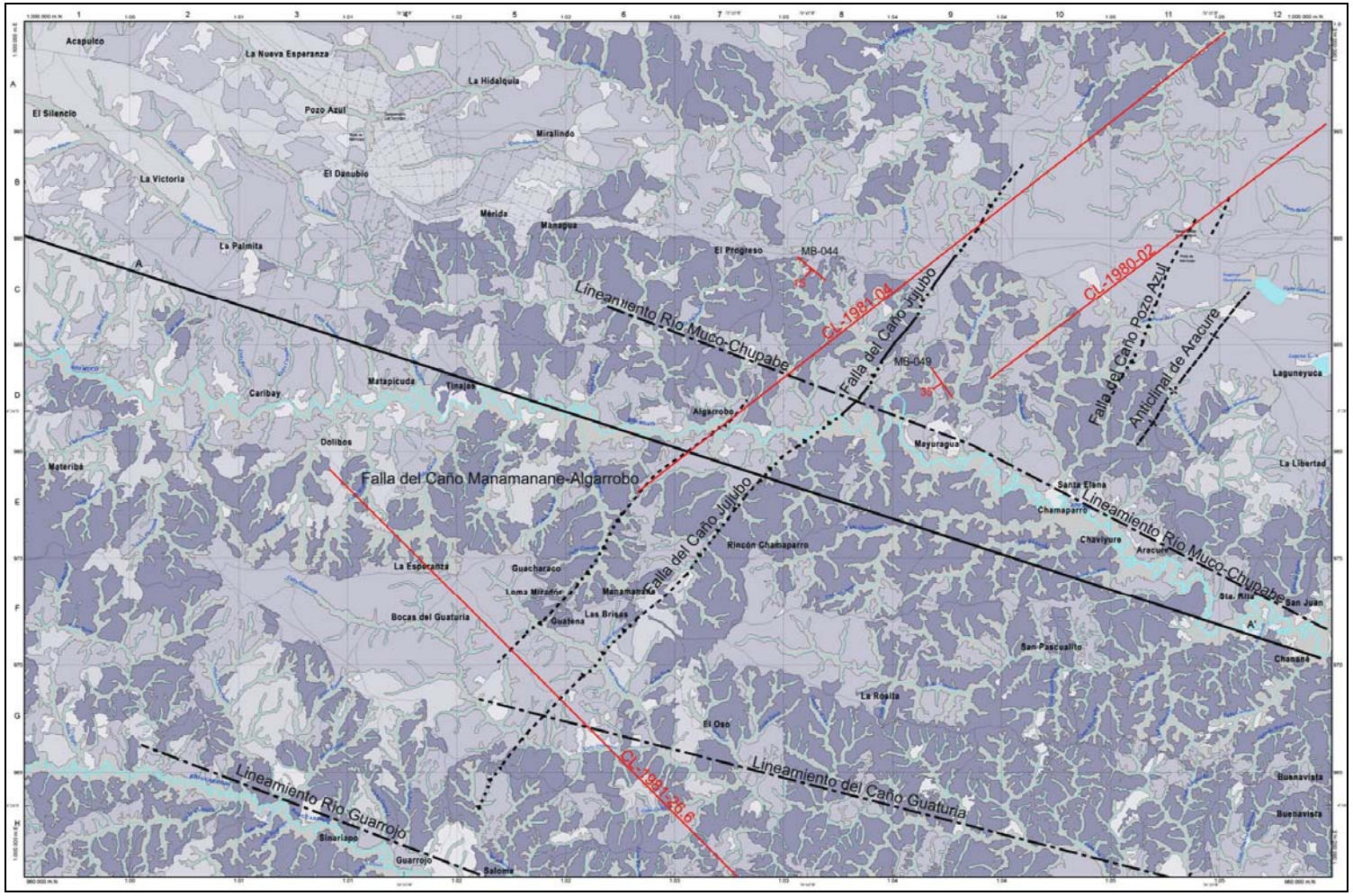

Figura 44. Mapa de ubicación de las principales estructuras y lineamientos regionales. Las líneas sísmicas interpretadas se observan en color rojo.

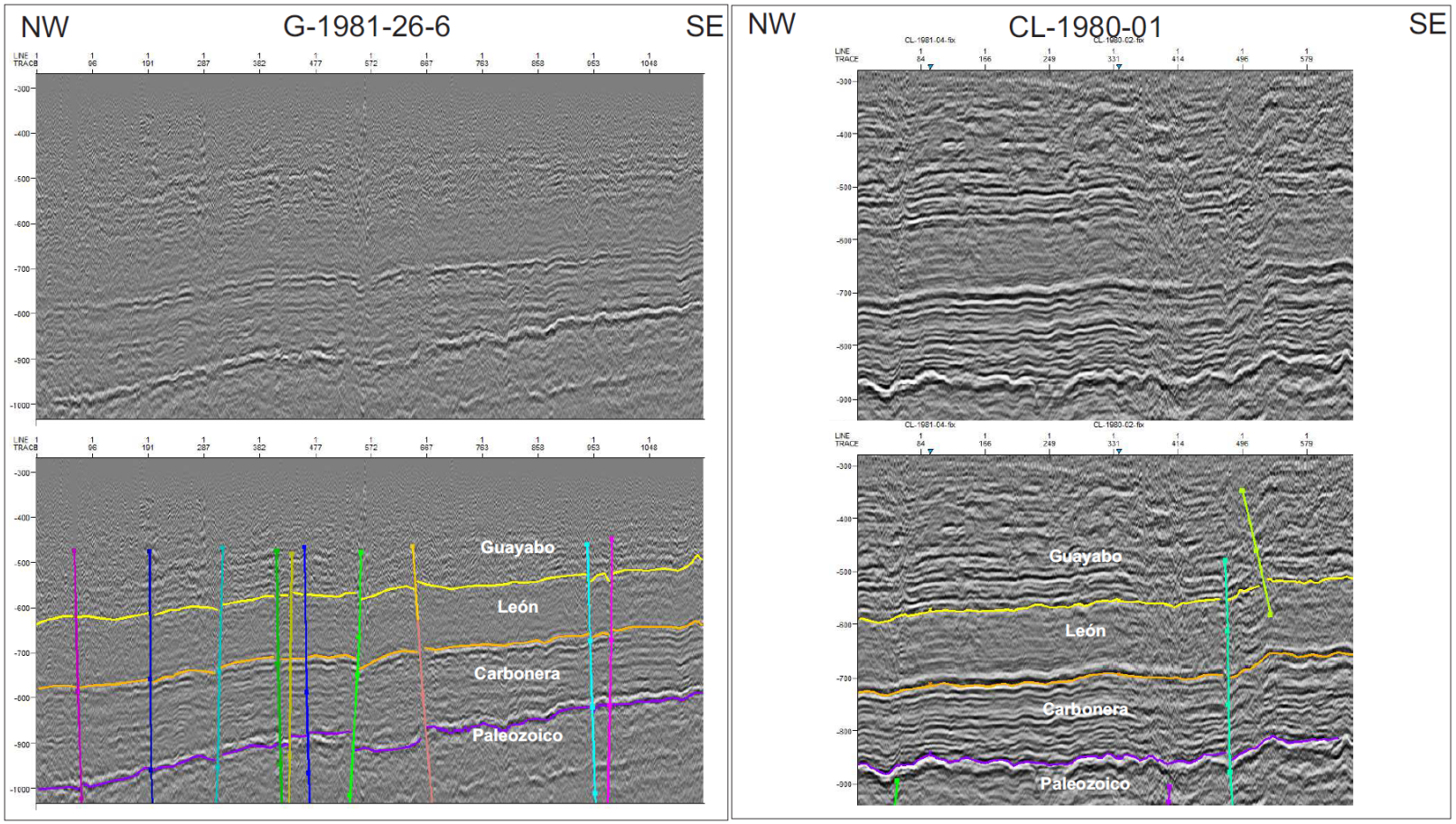

Figura 45. Interpretación sísmica de las líneas G-1981-26-6 y CL-1980-01 en el área de estudio. (Ver ubicación en la Figura **44**).

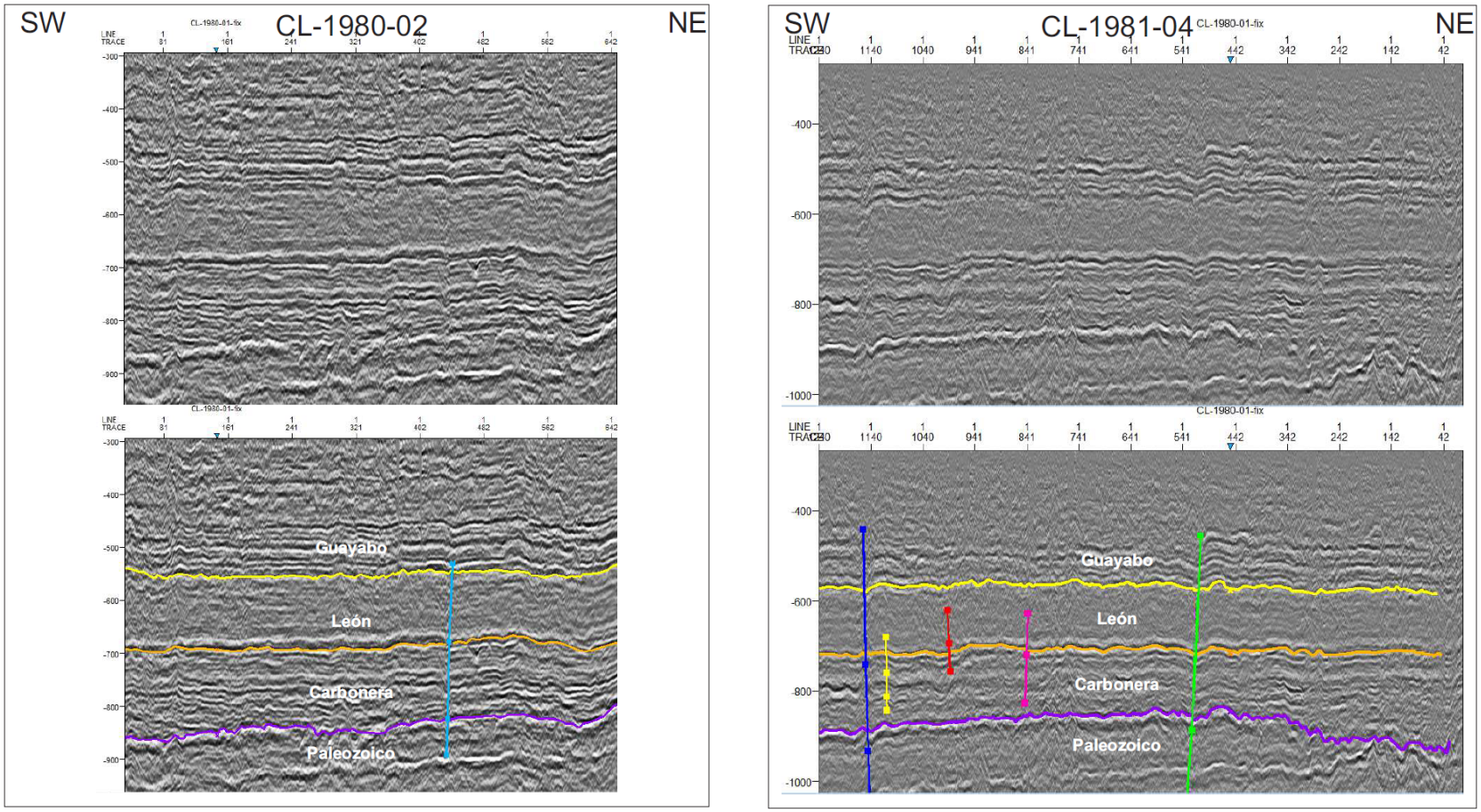

Figura 46. Interpretación sísmica de las líneas CL-1980-02 y CL-1981-04 en el área de estudio.(Ver ubicación en la
Figura **44**).

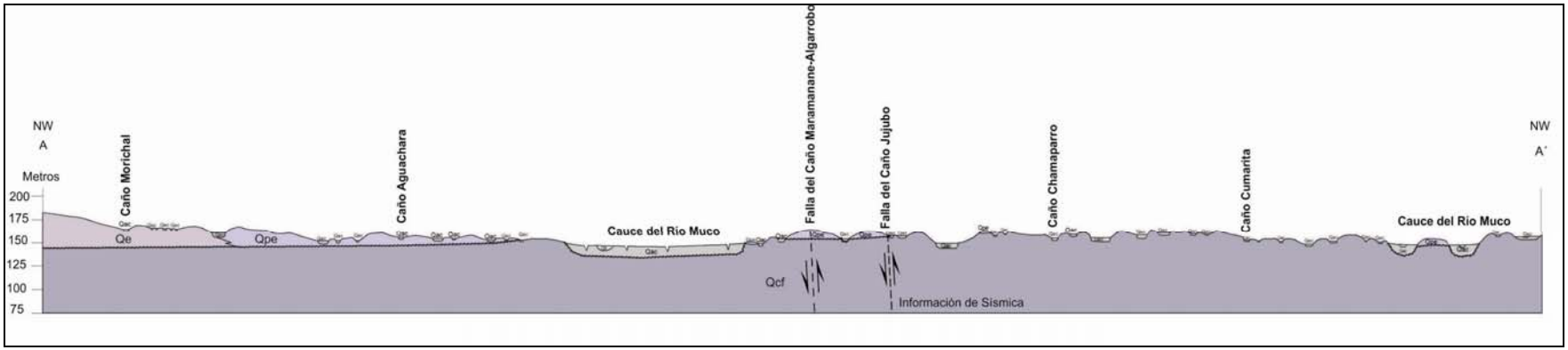

Figura 47. Sección estructural generalizada construida del área de estudio. (Ver ubicación en la Figura 44)

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 253 (Guacamayas). 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 (25) 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 253 (Guacamayas) 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 253 (Guacamayas) 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 253.

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.

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

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

	Qcf		Qcf-Matriz		Qll		Qpe		Sed. Activos		TOTAL	
	V	NV	V	NV	V	NV	V	NV	V	NV	V	NV
SiO2	4		1		3		15		2		25	0
TiO2	4		1		3		15		2		25	0
Al2O3 %	4		1		3		15		2		25	0
Fe2O3 %	4		1		3		15		2		25	0
MgO %		4		1		3		15		2	0	25
K2O %	4			1		3	4	11		2	8	17
P2O5 %	4		1		3		15			2	23	2
V ppm		4	1		3		15			2	19	6
Zr ppm		4	1		3		15		2		21	4
Nb ppm		4	1		3		15		2		21	4
Mo ppm	2	2	1			3	12	3		2	15	10
Sn ppm		4		1		3	6	9		2	6	19
Hf ppm	4		1		3		15		2		25	0
W ppm		4		1		3		15		2	0	25

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 Tabla 20). 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 48 y 49), se presentan los mapas de distribución de algunos elementos y compuestos, donde se observa que la mayor abundancia son de TiO_2, Al_2O_3, Nb y V, cuyas concentraciones se evidencia en las regiones del noreste y un poco menor hacia las región del sureste. En tanto que para los elementos Fe_2O_3, Hf, Mo y Zr, presentan moderadas concentraciones en las regiones del norte y concentraciones bajas hacia las regiones del sur de la plancha.

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 (4) muestras (MB-043 S-1/2, MB-058 y HDM-040), en las que la concentración del elemento Zinc, Torio, Cesio, Arsénico, e Itrio tienen concentraciones entre 2 a 7, veces mayor a la concentración promedio de la corteza (Tabla 20 y

Figura 50). Las muestras tomadas se encuentran ampliamente distribuidas en la plancha y en especial en hacia la parte central de la plancha, cerca de los sectores de los caños Algarrobo Jamajore, y caño Guaturía es donde se concentra interesante contenidos de estos elementos.

Tabla 19. Resultados de análisis por FRX para las muestras seleccionadas en el área de estudio. La última fila corresponde a los valores promedio para la corteza continental para dichos elementos y compuestos (Rudnick y 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 (%)	MgO (%)	K_2O (%)	P_2O_5 (%)	V (ppm)	Zr (ppm)	Nb (ppm)	Mo (ppm)	Sn (ppm)	Hf (ppm)	W (ppm)	LOI (%)	UNIDAD
1	962311	1041944	HDM-040-G	36483-I	5004012	97,95	0,21	0,88	0,19	<0,10	<0,08	<0,024	<9	575	4	<2	<8	11	<8	0,77	Sed-Act
2	962462	1025936	HDM-051-P	37817-I	5004176	85,21	0,63	6,11	2,52	<0,10	0,12	0,036	53	760	12	<2	<8	14	<8	5,23	Qcf
3	969773	1015418	HDM-055-P	37818-I	5004177	61,75	1,57	19,4	6,33	<0,10	<0,08	0,05	127	1059	33	4	9	27	<8	10,63	Qpe
4	960327	1018762	HDM-058-G	36484-I	5004013	99,11	0,14	0,31	0,18	<0,10	<0,08	<0,024	<9	793	3	<2	<8	16	<8	0,26	Sed-Act
5	989226	1058956	IQA-092-P	37799-I	5004158	55,16	1,86	22,62	6,36	< 0,10	< 0,08	0,053	129	1041	40	4	< 8	25	< 8	13,71	Qpe
6	989536	1052631	IQA-093-P	37800-I	5004159	55,74	1,95	22,62	6,90	< 0,10	< 0,08	0,057	146	1363	42	4	< 8	34	< 8	12,41	Qpe
7	991376	1019827	IQA-095-P	37801-I	5004160	60,11	1,84	20,77	6,74	< 0,10	0,09	0,054	139	1356	40	5	10	32	< 8	10,11	Qpe
8	991767	1002127	IQA-096-P	37802-I	5004161	66,79	1,45	16,06	5,58	< 0,10	< 0,08	0,048	107	1092	31	4	9	24	< 8	9,79	Qpe
9	986693	1015883	IQA-099-P	37803-I	5004162	91,03	0,67	3,42	2,10	< 0,10	< 0,08	0,030	37	1881	15	4	< 8	39	< 8	2,48	Qpe
10	994579	1012732	IQA-101-P	37804-I	5004163	71,53	1,39	13,34	5,14	< 0,10	< 0,08	0,042	96	1186	30	3	8	30	< 8	8,30	Qpe
11	995988	1009515	IQA-102-P	37805-I	5004164	63,96	1,59	16,99	5,35	< 0,10	< 0,08	0,049	105	1132	33	3	< 8	22	< 8	11,67	Qpe
12	996680	1020166	IQA-104-P	37806-I	5004165	86,68	0,72	6,09	2,08	< 0,10	0,09	0,034	52	1014	15	< 2	< 8	21	< 8	4,14	Qpe
13	973130	1033490	JRA-048-P	37807-I	5004166	70,85	1,34	14,71	5,14	< 0,10	0,27	0,050	104	1103	29	3	< 8	26	< 8	7,39	Qpe
14	986353	1054908	JRA-087-P	37808-I	5004168	71,82	1,11	13,24	5,70	< 0,10	< 0,08	0,042	115	913	24	4	< 8	20	< 8	7,97	Qll
15	987823	1048951	JRA-088-P	37809-I	5004168	77,49	1,48	12,59	1,17	< 0,10	< 0,08	0,031	49	985	31	< 2	< 8	21	< 8	7,07	Qll
16	986807	1027608	MB-042-SI	36498-I	5004027	97,07	0,17	0,69	1,54	< 0,10	< 0,08	0,024	15	1009	4	<2	<8	19	<8	0,5	Qll
17	987664	1031703	MB-043-SI	36499-I	5004028	47,55	0,26	6,14	38,02	< 0,10	0,10	0,0487	50	281	6	3	<8	8	13	7,38	Qcf
18	987664	1031703	MB-043-SI	36500-I	5004029	83,92	1,04	7,4	3,28	< 0,10	< 0,08	0,038	73	3229	26	6	<8	75	<8	3,76	Qcf-matriz
19	965847	1053973	YPS-043-P1	37810-I	5004169	91,02	0,53	4,27	1,07	< 0,10	< 0,08	0,025	34	890	11	< 2	< 8	17	< 8	3,01	Qpe
20	994047	1056728	YPS-083-P	37811-I	5004170	55,59	1,94	23,10	6,16	< 0,10	< 0,08	0,051	133	1190	42	4	9	29	< 8	12,84	Qpe
21	995775	1054113	YPS-084-P	37812-I	5004171	77,19	1,12	10,38	3,63	< 0,10	0,09	0,043	71	1389	25	3	< 8	31	< 8	7,33	Qpe
22	991083	1055788	YPS-087-P	37813-I	5004172	61,53	1,65	18,91	5,77	< 0,10	< 0,08	0,053	122	1202	37	4	9	28	< 8	11,78	Qpe
23	999300	1050769	YPS-088-P	37814-I	5004173	23,43	0,50	11,18	55,82	< 0,10	0,43	0,201	271	287	12	6	< 8	9	< 8	8,23	Qcf
24	994225	1038112	YPS-095-P1	37815-I	5004174	76,05	0,92	10,78	5,03	0,10	0,50	0,072	84	782	20	< 2	< 8	17	< 8	6,36	Qcf
25	992042	1037655	YPS-096-P	37816-I	5004175	88,44	0,51	5,10	1,95	< 0,10	< 0,08	0,033	46	595	10	< 2	< 8	13	< 8	3,91	Qpe
PROMEDIO DE CORTEZA						60,6	0,72	15,9	6,71	4,66	1,81	0,13	138	132	8	0,8	1,7	3,7	1		

Tabla 20. Resultados de las muestras analizadas por ICP-MS. En la parte inferior se presentan los valores promedio para la corteza continental para dichos elementos (Rudnick y 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	Se	Rb	Sr	Y	Cd	In	Cs	Ba
				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
36483 I	HDM-040-G	962311	1041944	3,5	0,13	1,1	8,3	7,0	0,26	0,90	4,9	5,3	0,88	0,80	< LC	2,4	7	142	0,04	0,006	0,26	21
36484 I	HDM-058-G	960327	1018762	1,8	< 0,1	0,58	6,1	6,0	0,19	0,30	3,4	4,5	0,14	0,77	< LC	1,4	5	111	0,04	0,004	0,09	19
36498 I	MB-042-SI	1154966	987219	1,5	< 0,1	1,8	10	8,0	0,18	0,50	5,0	4,2	0,73	1,7	< LC	1,6	6	4,6	0,04	0,010	0,12	9,0
36499 I	MB-043-S1	1158750	990117	6,0	1,6	11	35	161	7,9	22	11	100	7,3	21	< LC	8,4	29	6,9	0,15	0,032	0,65	78
36500 I	MB-043-S2	1140355	989749	10	0,29	7,6	54	19	1,1	6,7	16	21	10	3,7	< LC	5,3	20	11	0,05	0,047	0,66	33
ABUNDANCIA DE ELEMENTOS EN LA CORTEZA				**16**	**0,29**	**21,9**	**135**	**774**	**26,6**	**59**	**27**	**72**	**16**	**2,5**	**0,13**	**49**	**320**	**19**	**0,08**	**0,052**	**2**	**456**

ID MUESTRA	NUMERO DE CAMPO	COORDENADAS		La	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	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
36483 I	HDM-040-G	962311	1041944	5	12	1,3	4,7	0,9	0,20	1,0	0,15	0,70	0,14	0,53	0,07	0,53	0,08	0,03	3,6	0,06	3,1	0,68
36484 I	HDM-058-G	960327	1018762	4	9	1,0	3,6	0,7	0,15	0,80	0,12	0,50	0,10	0,34	0,05	0,35	0,05	0,01	2,9	0,04	2,4	0,45
36498 I	MB-042-SI	1154966	987219	5	11	1,2	4,4	0,8	0,16	0,93	0,13	0,53	0,11	0,38	0,05	0,36	0,06	0,01	3,6	0,06	2,8	0,64
36499 I	MB-043-S1	1158750	990117	20	44	4,8	18	3,5	0,82	3,8	0,50	1,8	0,32	1,1	0,13	0,97	0,14	0,08	30	0,16	8,7	2,3
36500 I	MB-043-S2	1140355	989749	17	39	4,2	15	2,8	0,57	3,2	0,47	2,1	0,46	1,6	0,23	1,7	0,26	0,09	11	0,2	13	3,0
ABUNDANCIA DE ELEMENTOS EN LA CORTEZA				**20**	**43**	**4,9**	**20**	**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**

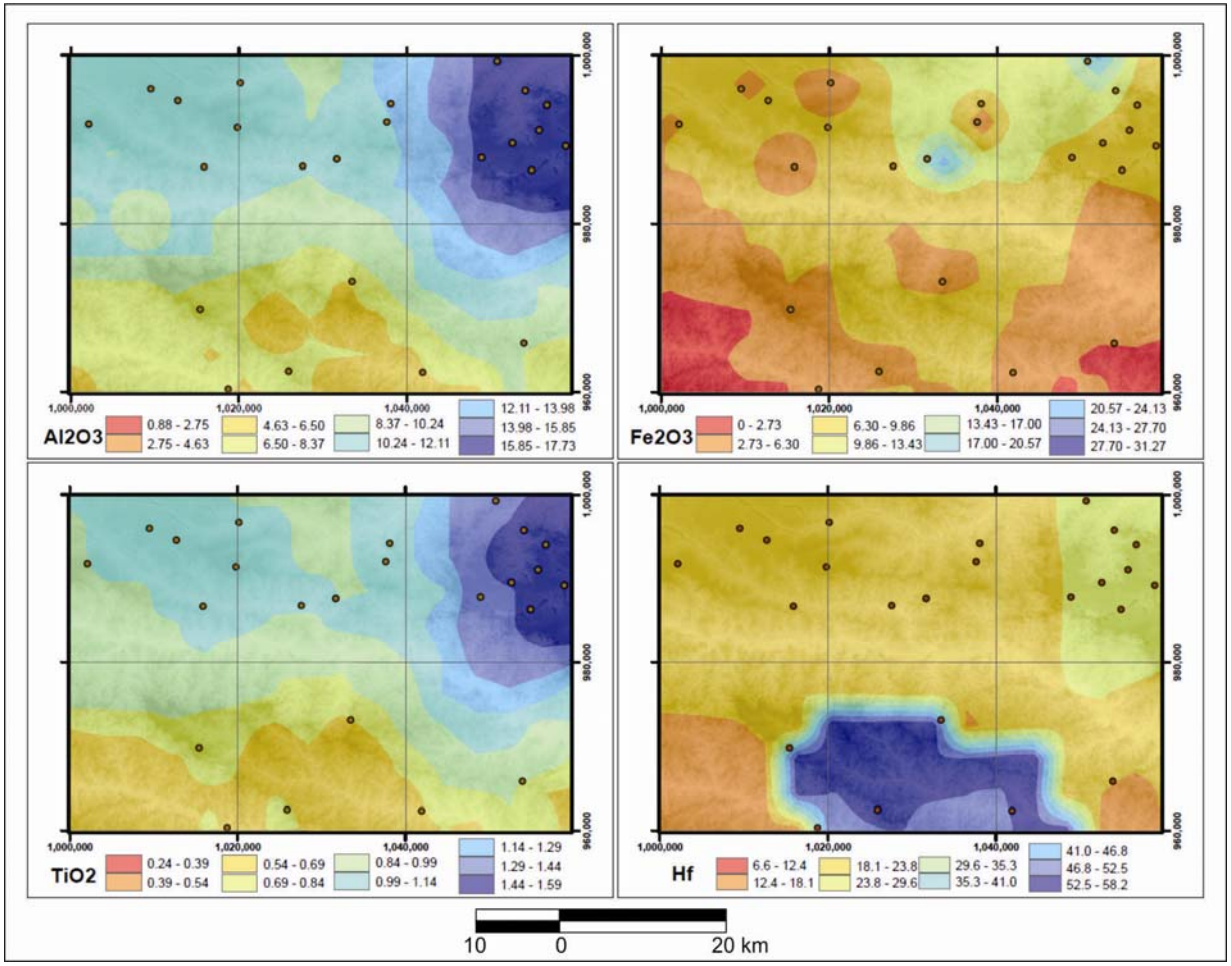

Figura 48. Mapas de óxidos que presentan las mayores concentraciones en la zona de estudio analizados por FRX. La concentración de los elementos está dada en ppm y la de los óxidos en porcentaje. Los puntos representan la ubicación de las muestras analizadas.

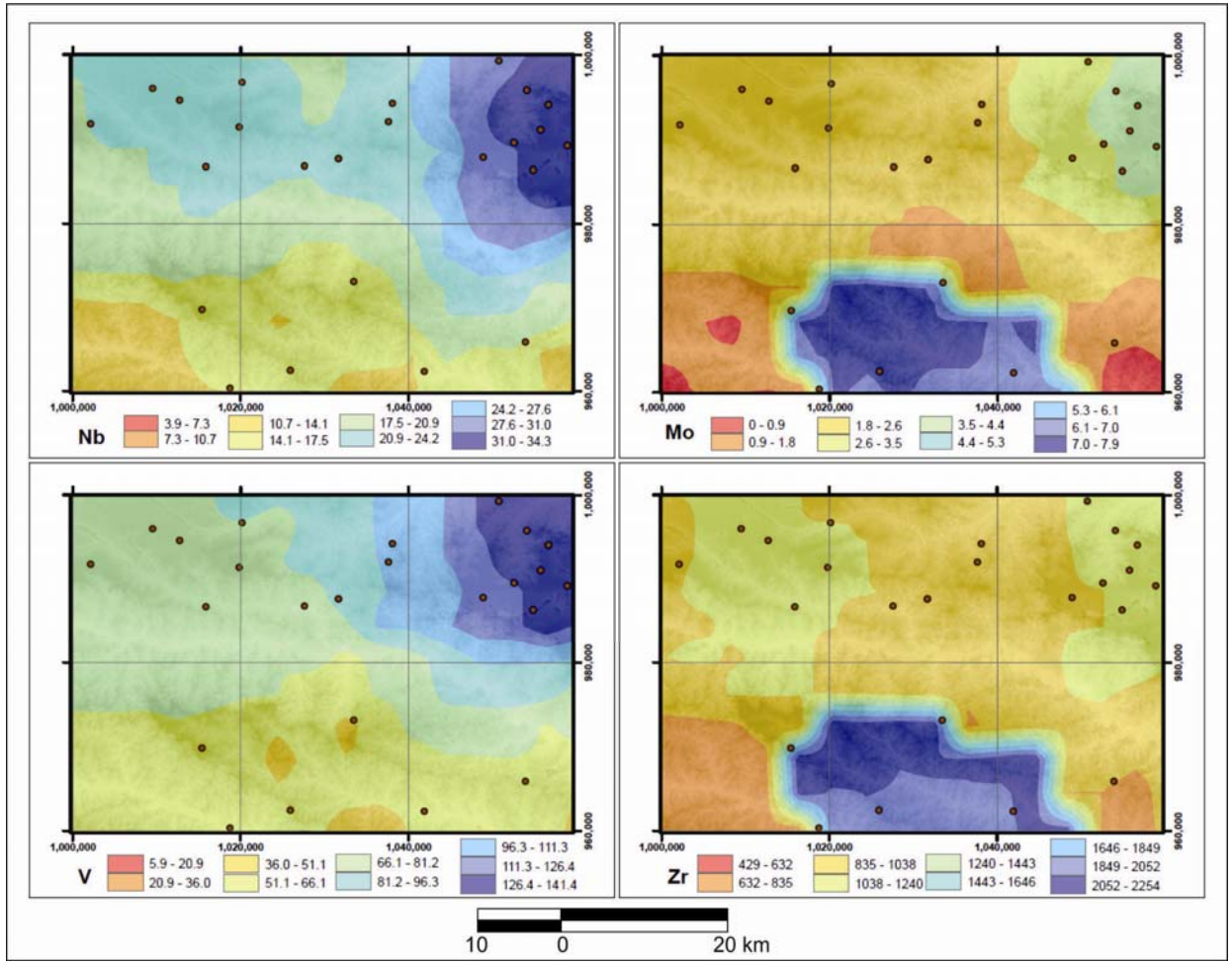

Figura 49. Mapas de abundancia de elementos que presentan las concentraciones en la zona de estudio analizados por FRX. La concentración de los elementos está dada en ppm y la de los óxidos en porcentaje. Los puntos representan la ubicación de las muestras analizadas.

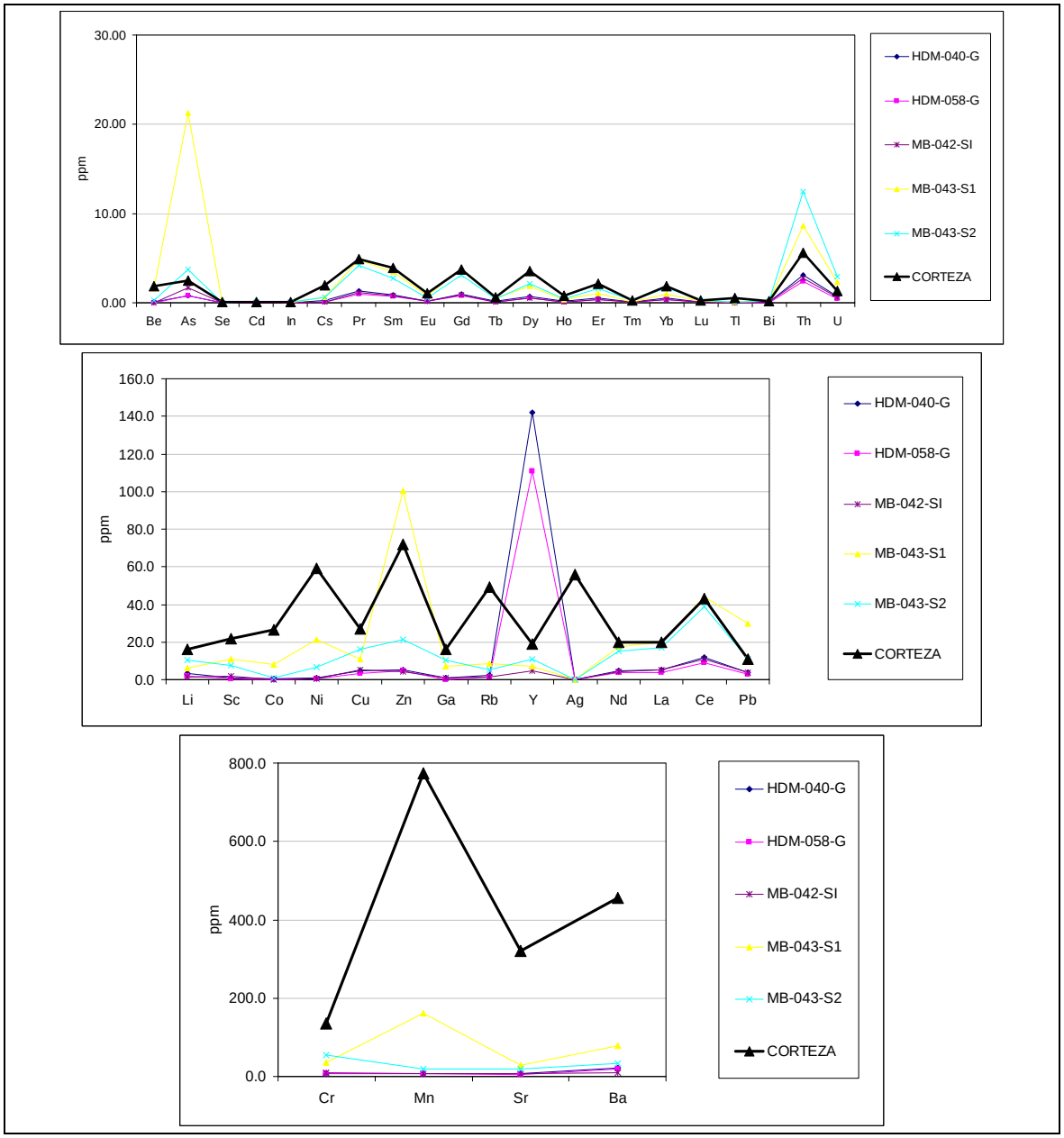

Figura 50. Curvas de distribución comparativa de los diferentes elementos analizados por ICP-MS en las muestras del área. La curva negra representa los valores promedio de la corteza según Rudnick y Gao (2003). Los datos fueron separados dependiendo de la escala de comparación entre los diferentes elementos.

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 el Anexo D4 se presentan los resultados geoquímicos de la Plancha 253 (Guacamayas), 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 29 (Rayos X – FRX) y Tabla 30 (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 25 muestras tomadas en la Plancha 253, que son: Óxido Titanio (TiO_2) en la
Figura 51, Óxido de Silicio (SiO_2) en la
Figura 52, Bauxita (Al_2O_3) en la
Figura 53 y Óxido de Hierro (Fe_2O_3) en la
Figura 54.

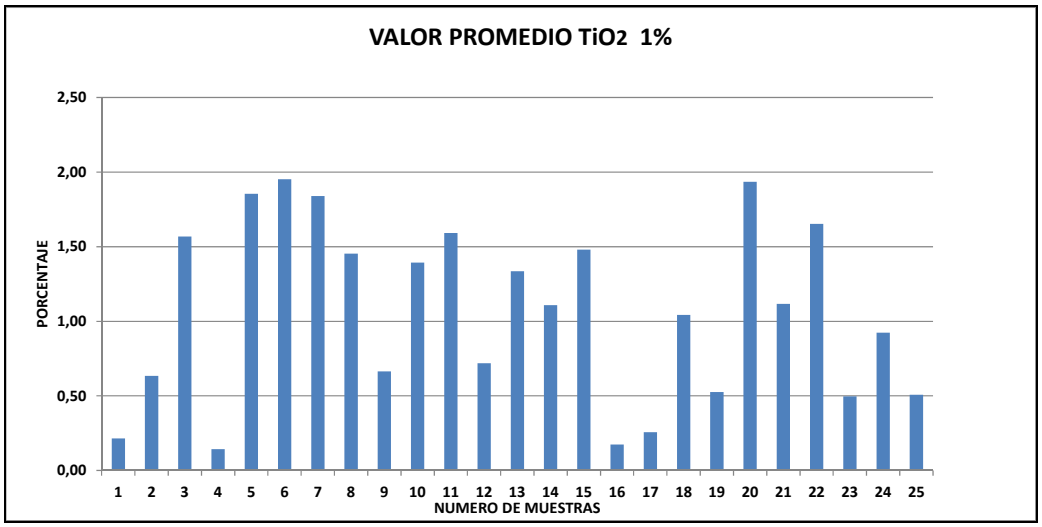

Figura 51. Gráfico estadístico (porcentaje vs. muestras) que indica la distribución del contenido de TiO_2 mediante el método FRX, con promedio de 1%.

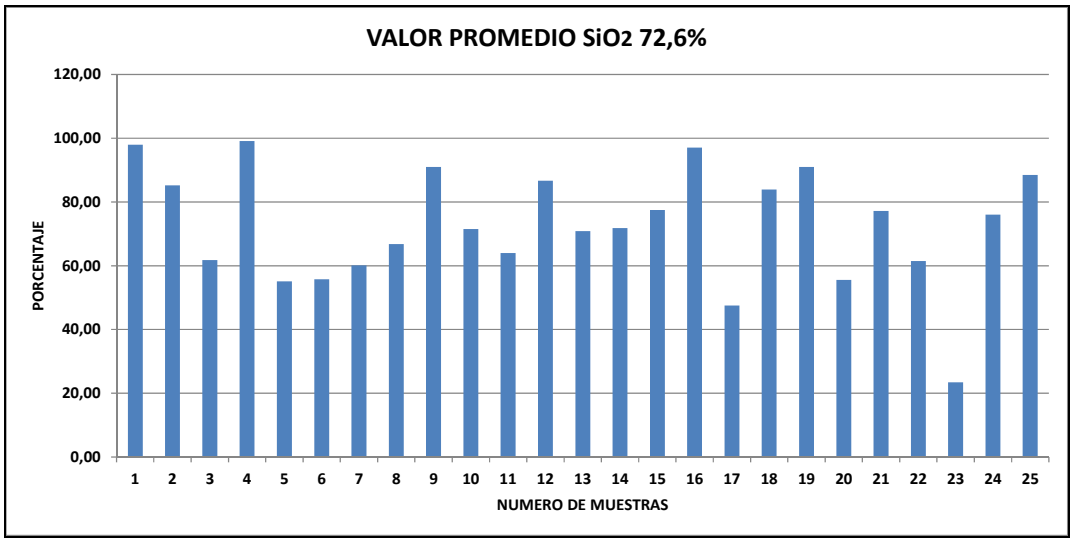

Figura 52. Gráfico estadístico (porcentaje vs. muestras) que indica la distribución del contenido de SiO_2 mediante el método FRX. Cuyo valor medio fue de 72%.

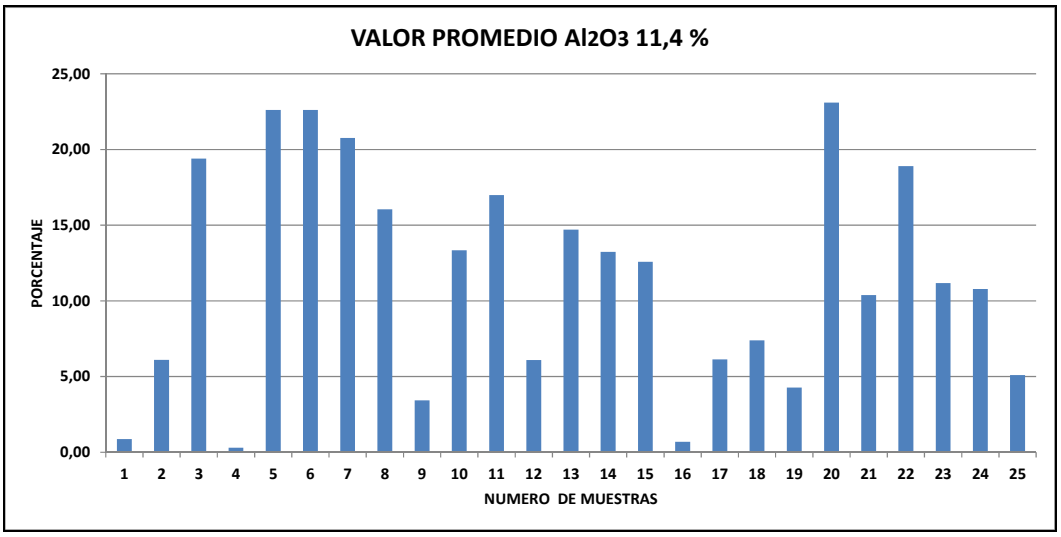

Figura 53. Gráfico estadístico (porcentaje vs. muestras) que indica la distribución del contenido de Al_2O_3, mediante el método FRX. Con promedio de 11.4%.

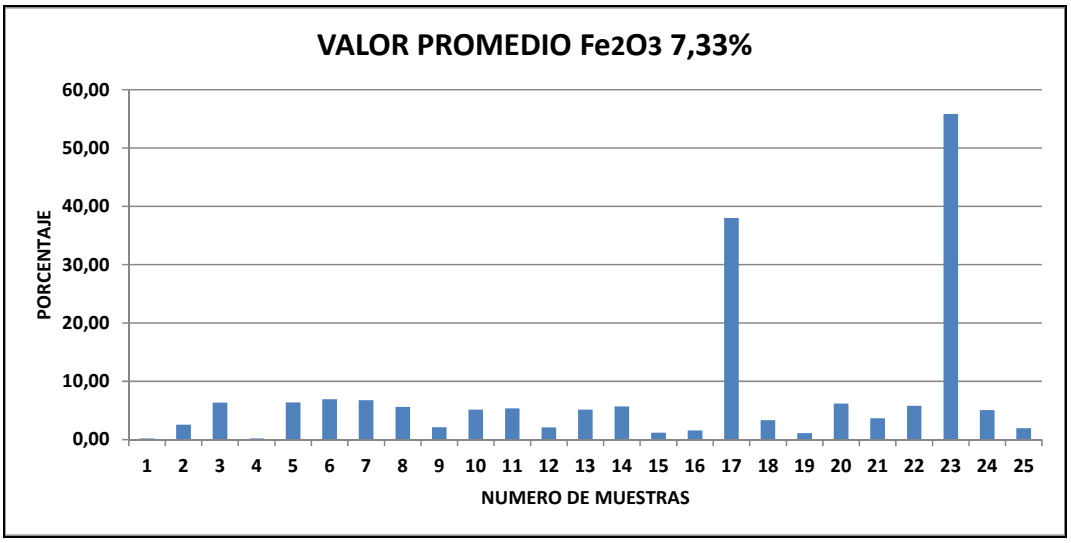

Figura 54. Gráfico estadístico (porcentaje vs. muestras) que indica la distribución del contenido de Fe_2O_3 en las muestras analizadas mediante el método FRX. Con promedio de 7.33%.

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 72.6%, es decir, que presenta una concentración alta. El Al_2O_3 tiene valores del 11.4% el cual, aunque se encuentran ligeramente por encima de los reportados por INGEOMINAS para el área del Vichada, entrando dentro del rango de aceptables. El Fe_2O_3 arrojó un valor de 7.33%, el cual se encuentra muy por debajo de lo reportado por INGEOMINAS. Los resultados obtenidos para el TiO_2 (un promedio de 1% 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 29), los elementos más importantes que alcanzaron valores significativos en cuanto a su contenido, se encuentran el Circonio, Vanadio, Hafnio y Niobio (Tabla 29), como se muestra en la
Figura 55.

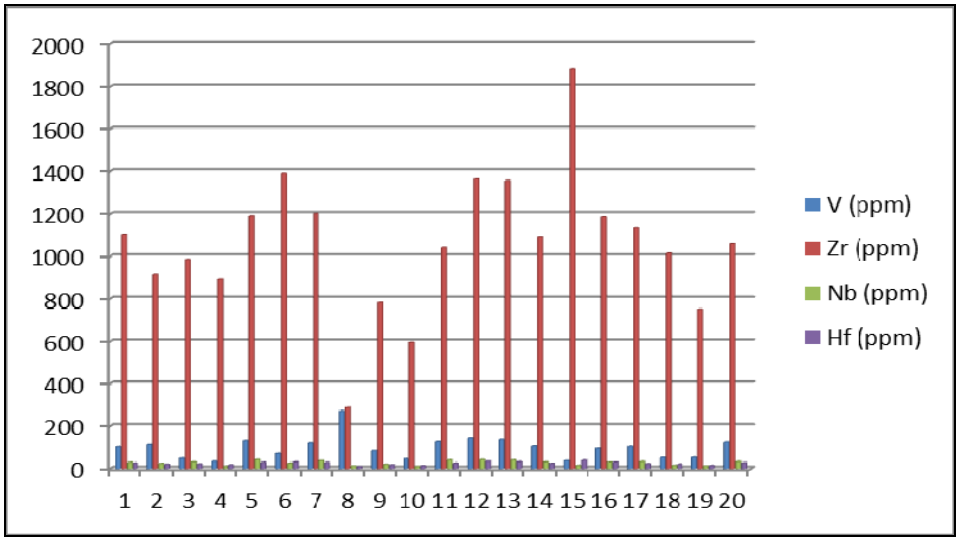

Figura 55. Gráfico estadístico (ppm vs. Muestras) que indica la distribución de los elementos menores y trazas: Vanadio (V), circonio (Zr), niobio (Nb), hafnio (Hf) analizados mediante el método FRX.

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.

Circonio (Zr):

El contenido del Circonio en las muestras analizadas presenta un promedio total del orden de los 1083 ppm, de las cuales existen 5 muestras con valores anómalos cuyos valores se presentan a continuación:

Tabla 21. Resultados de Circonio (Zr).

Muestra	Resultado	Localidad	Unidad
IQA-099-P; (5,004,162)	1881 ppm.	Zona paralela al sur de caño Guacamayas	Qpe
YPS-084-P; (5,004,171)	1389 ppm.	ubicada en la vía hacia Caño Samarro	Qpe
IQA-093-P; (5,004,159)	1363 ppm.	ubicada en la vía La 14-Tres Matas	Qpe
IQA-095-P; (5,004,160)	1356 ppm.	ubicada en la vía Tres Matas-El Viento	Qpe
YPS-087-P; (5,004,172)	1202 ppm.	ubicada en la vía hacia caño Samarro	Qpe

Vanadio (V):

El contenido de Vanadio en el total de muestras analizadas presenta un promedio del orden de los 93 ppm. Existen 5 Muestras anómalas (Tabla 22), cuyos valores en orden descendente son los siguientes:

Tabla 22. Resultados de Vanadio.

Muestra	Resultado	Localidad	Unidad
YPS-088-P; (5,004,173)	271 ppm.	Vía Pozo Saltarin	Qcf
IQA-093-P; (5,004,159)	146 ppm.	Vía la 14-Tres Matas	Qpe
IQA-095-P; (5,004,160)	139 ppm.	Vía Tres Matas-El Viento	Qpe
IQA-092-P; (5,004,158)	131 ppm.	Vía la 14-Tres Matas	Qpe
HDM-055-P;(5,004,177)	127 ppm	Vía Palmarito-Guanape (La Gloria)	Qpe

Niobio (Nb):

El contenido del Niobio en las muestras analizadas presenta un promedio total del orden de los 22 ppm. de los cuales existen 4 muestras anómalas (Tabla 23), cuyos valores son los siguientes:

Tabla 23. Resultados de Niobio (Nb).

Muestra	Resultado	Localidad	Unidad
IQA-093-P; (5,004,159)	42 ppm.	Vía la 14-Tres Matas	Qpe
YPS-083-P; (5,004,170)	42 ppm.	Vía hacia el caño Samarro	Qpe
IQA-092-P; (5,004,158)	40 ppm.	Vía la 14-Tres Matas	Qpe
IQA-095-P; (5,004,160)	40 ppm.	Vía Tres Matas-El Viento	Qpe

Háfnio (Hf):

El contenido de Háfnio en el total de muestras analizadas presenta un contenido promedio del orden de los 24 ppm. Existen 4 muestras anómalas (Tabla 24), cuyos valores son los siguientes:

Tabla 24. Resultados de Hafnio (Hf).

Muestra	Resultado	Localidad	Unidad
IQA-099-P; (5,004,162)	39 ppm.	Zona paralela al sur de caño Guacamayas	Qpe
IQA-093-P; (5,004,159)	34 ppm.	Vía la 14-Tres Matas	Qpe
IQA-095-P; (5,004,160)	32 ppm.	Vía Tres Matas-El Viento	Qpe
IQA-101-P; (5,004,163)	30 ppm.	Vía Tres Matas-El Viento	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 (93 ppm); Circonio (1083 ppm), Hafnio (24.2 ppm) y Niobio (22 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 253, 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 alta probabilidades de mineralizaciones, las cuales están asociadas a los depósitos residuales y al comparar los valores de los elementos; Vanadio, Circonio, Hafnio y Niobio con los de Buenaventura & Rosas (1989) se encuentran que los valores son superiores, con buenas posibilidades económicas y prospectivas para establecerse programas de exploración minera.

Salinas *et al.* (1999), en el 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 56.

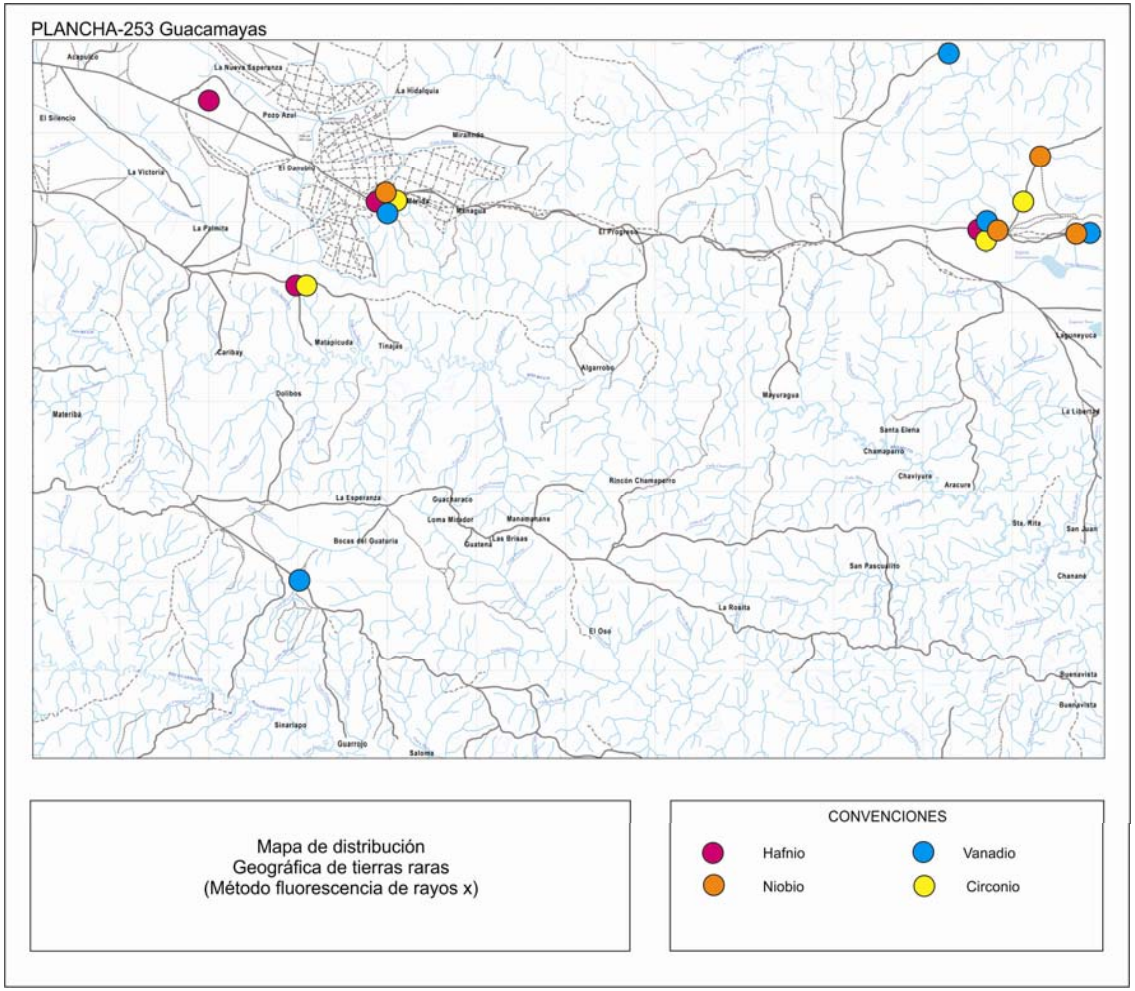

Figura 56. Distribución geográfica de elementos de tierras raras con el método de Fluorescencia de Rayos X – FRX elementos menores y trazas.

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 57, donde se observa que estos elementos metálicos alcanzaron valores significativos en su contenido y entre ellos están: Itrio, Zinc, Manganeso y Bario.

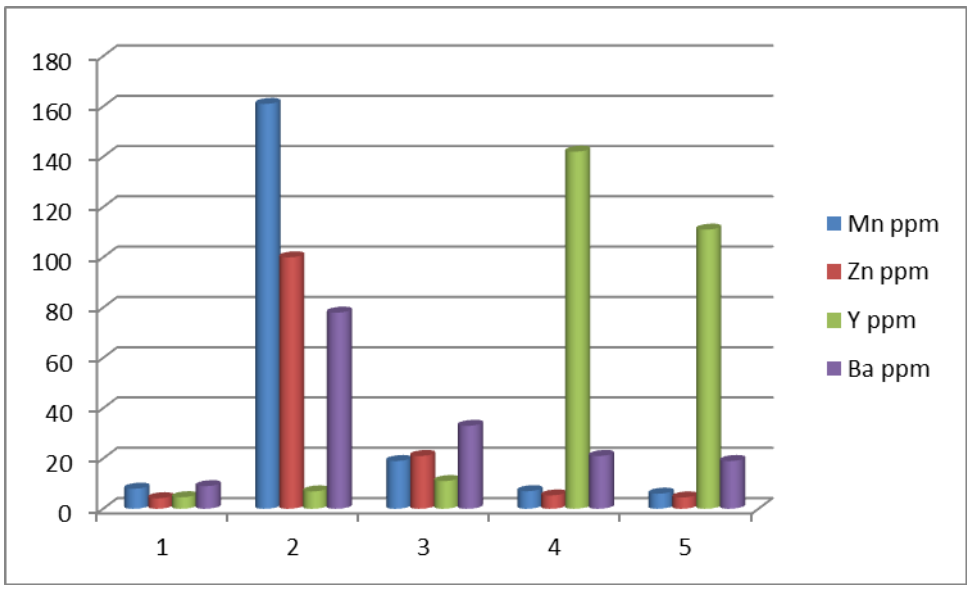

Figura 57. Gráfico estadístico (ppm vs muestras) que indica la distribución de elementos metálicos y de tierras raras mediante el método ICP - MS.

Itrio (Y):

De los elementos más significativo está el itrio, que hace parte de los elementos de las tierras raras, que presentan contenido promedio total de los 55 ppm. Existen 2 muestras anómalas (Tabla 25), cuyos valores son los siguientes:

Tabla 25. Resultados de Itrio (Y).

Muestra	Resultado	Localidad	Unidad
HDM-040-G; 5,004,012	142 ppm.	Río Guaturia (margen derecha aguas abajo).	Qll
HDM-058-G; 5,004,013	111 ppm.	Ubicada en el río Guarrojo (margen derecha aguas abajo)	Qll

Bario (Ba):

Existen 5 muestras con resultados significativos en Ba, con un contenido promedio del orden de los 32 ppm (Tabla 26).

Tabla 26. Resultados de Bario (Ba).

Muestra	Resultado	Localidad	Unidad
MB-043-S1; 5,004,028	78 ppm.	Localizada en el caño Algarrobo.	Qpe
MB-043-S2; 5,004,029	33 ppm.	Localizada en el caño Algarrobo	Qpe

Manganeso (Mn):

Existen 5 muestras de contenido bajo en Mn, que tuvieron promedio de 40 ppm, de las cuales tan solo una muestra presenta contenido del orden de 161 ppm (Tabla 27).

Tabla 27. Resultados de Manganeso (Mn).

Muestra	Resultado	Localidad	Unidad
MB-043-S1; (5,004,028)	161 ppm.	Localizada en el caño Algarrobo.	Qpe

Zinc (Zn):

Existen 5 muestras con resultados bajos en Zn, con un contenido promedio de 27 ppm, y tan solo hay una muestra con alto contenido de este elemento, Tabla 28.

Tabla 28. Resultados de Zinc (Zn).

Muestra	Resultado	Localidad	Unidad
MB-043-S1; (5,004,028)	100 ppm.	Localizada en el caño Algarrobo.	Qpe

Al analizar los resultados de las anteriores muestras de sedimentos activos, se encuentra que valores promedios de los elementos: Itrio (55 ppm), Ba (32 ppm), Mn (40 ppm) y Zinc (27 ppm); se encuentra que estos valores son altos en comparación con los valores reportados por Salinas *et al.,* (1999) y Cristancho (1989), para los elementos del grupo del Lantano que presentan valores entre las 50 y 70 ppm y para los elementos del grupo de metales nativos.

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 con estos altos valores existen buenas 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 58.

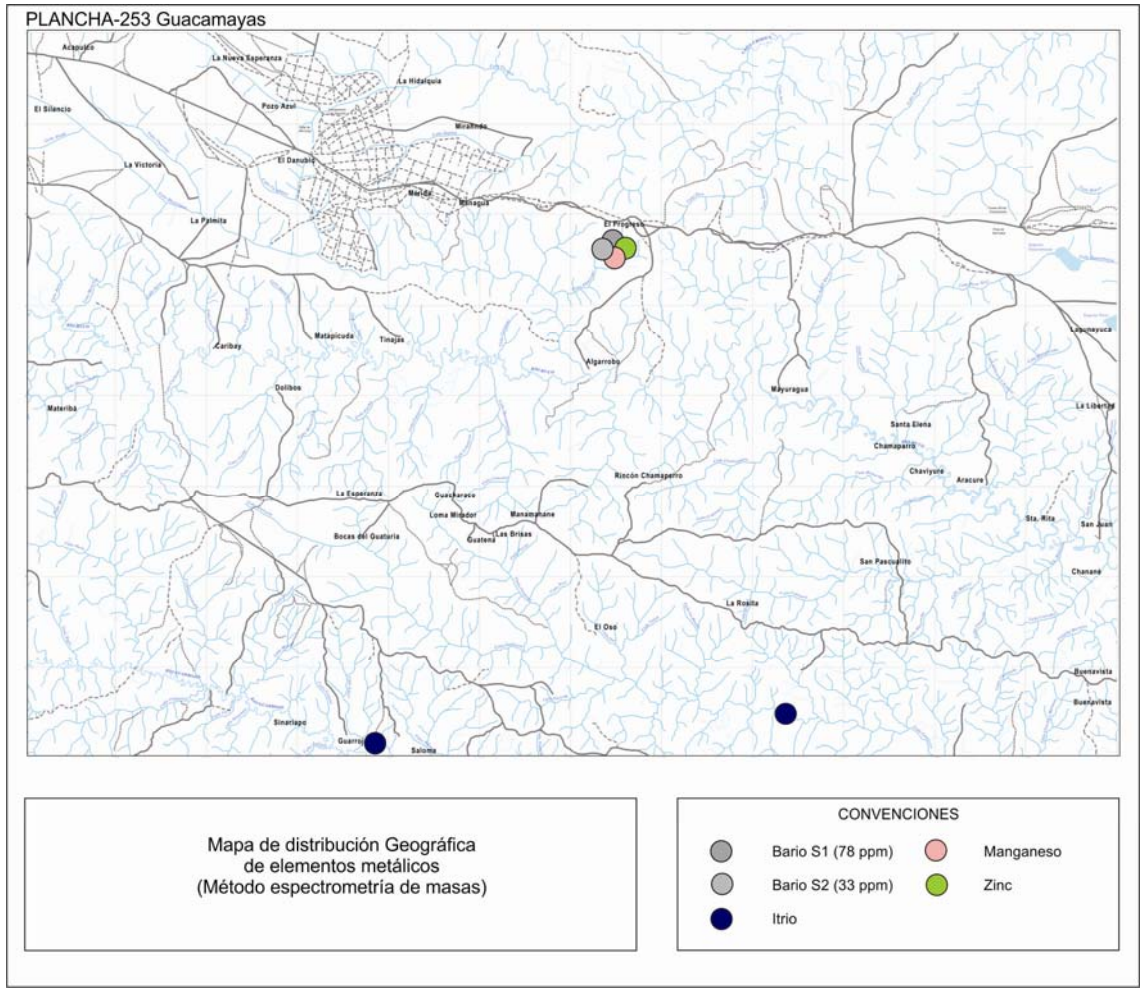

Figura 58. Distribución geográfica de elementos metálicos, con el método de Espectrometría de Masas **c**on Plasma Acoplado Inductivamente ICP – MS

Tabla 29. Análisis de muestras con manifestaciones de elementos de Tierras Raras. Método fluorescencia de rayos X-FRX.

Resultados químicos FRX Elementos Mayores y Menores Plancha 253 (Guacamayas).													
MUESTRA			COORDENADAS		FLUORESCENCIA DE RAYOS X - FRX ELEMENTOS MAYORES				FLUORESCENCIA DE RAYOS X - FRX ELEMENTOS MENORES Y TRAZAS				GRAVIMETRÍA
ID	REFERENCIA				SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	V	Zr	Nb	Hf	LOI
			Norte	Este	(%)	(%)	(%)	(%)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(%)
37807-I	5004166	JRA-048-P	973130	1033490	70.85	1.335	14.71	5.14	103.6	1103	29	26	7.39
37808-I	5004167	JRA-087-P	986353	1054908	71.82	1.108	13.24	5.7	114.5	913.2	23.7	20	7.97
37809-I	5004168	JRA-088-P	987823	1048951	77.49	1.48	12.59	1.17	48.9	984.7	31.3	21.4	7.07
37810-I	5004169	YPS-043-P1	965847	1053973	91.02	0.53	4.27	1.07	34	890	11	17	3.01
37811-I	5004170	YPS-083-P	994047	1056728	55.59	1.94	23.10	6.16	133	1190	42	29	12.84
37812-I	5004171	YPS-084-P	995775	1054113	77.19	1.12	10.38	3.63	71	1389	25	31	7.33
37813-I	5004172	YPS-087-P	991083	1055788	61.53	1.65	18.91	5.77	122	1202	37	28	11.78
37814-I	5004173	YPS-088-P	999300	1050769	23.43	0.50	11.18	55.82	271	287	12	9	8.23
37815-I	5004174	YPS-095-P1	994225	1038112	76.05	0.92	10.78	5.03	84	782	20	17	6.36
37816-I	5004175	YPS-096-P	992042	1037655	88.44	0.51	5.10	1.95	46	595	10	13	3.91
37799-I	5004158	IQA-092-P	989226	1058956	55.16	1.86	22.62	6.36	129	1041	40	25	13.71
37800-I	5004159	IQA-093-P	989536	1052631	55.74	1.95	22.62	6.90	146	1363	42	34	12.41
37801-I	5004160	IQA-095-P	991376	1019827	60.11	1.84	20.77	6.74	139	1356	40	32	10.11
37802-I	5004161	IQA-096-P	991767	1002127	66.79	1.45	16.06	5.58	107	1092	31	24	9.79
37803-I	5004162	IQA-099-P	986693	1015883	91.03	0.67	3.42	2.10	37	1881	15	39	2.48
37804-I	5004163	IQA-101-P	994579	1012732	71.53	1.39	13.34	5.14	96	1186	30	30	8.30
37805-I	5004164	IQA-102-P	995988	1009515	63.96	1.59	16.99	5.35	105	1132	33	22	11.67
37806-I	5004165	IQA-104-P	996680	1020166	86.68	0.72	6.09	2.08	52	1014	15	21	4.14
37817-I	5004176	HDM-051-P	962462	1025936	85.21	0.63	6.11	2.52	53	750	12	14	5.23
37818-I	5004177	HDM-055-P	969773	1015418	61.75	1.57	19.40	6.33	127	1059	33	27	10.63

Tabla 30. Análisis de muestras con manifestaciones de elementos de Tierras Raras. Método de espectrometría de masas ICP-MS.

Resultados químicos Espectrometría de Masas con Plasma Acoplado Inductivamente - ICP-MS – Plancha 253 (Guacamayas).																
MUESTRA		COORDENADAS		MÉTODO: ESPECTROMETRIA DE MASAS CON PLASMA ACOPLADO INDUCTIVAMENTE - ICP-MS -												
ID MUESTRA	NUMERO DE CAMPO	Norte	Este	Cr	Mn	Ni	Cu	Zn	Y	Ba	La	Ce	Nd	Pb	Th	U
				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
36498 I	MB-042-SI	986807	1027608	10	8.0	0.50	5.0	4.2	4.6	9.0	5	11	4.4	3.6	2.8	0.64
36499 I	MB-043-S1	987664	1031703	35	161	22	11	100	6.9	78	20	44	18	30	8.7	2.3
36500 I	MB-043-S2	987664	1031703	54	19	6.7	16	21	11	33	17	39	15	11	13	3.0
36483 I	HDM-040-G	962311	1041944	8.3	7.0	0.90	4.9	5.3	142	21	5	12	4.7	3.6	3.1	0.68
36484 I	HDM-058-G	960327	1018762	6.1	6.0	0.30	3.4	4.5	111	19	4	9	3.6	2.9	2.4	0.45

8.2 MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Los materiales de construcción son extraídos de diversos sectores de la Plancha 253 y principalmente de los ríos Muco, Guarrojo, y cuenca del 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 (Anexo D5 y Tabla 31), encontrando que varias muestras presentaron tendencias; de tamaño grava en un 49,2% y en tamaño arena de grano medio a grueso en un 47,8 a 90%, correspondiente a la unidad Qcf y Qpe

En campo se apreciaron varios niveles o bancos de arenas con espesores entre 1 a 4 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 31. Ensayo granulométrico para fuentes agregados.

Ensayo De Granulometría De Agregados Plancha 253 (Guacamayas)						
CONSECUTIVO SGC	Nº. CAMPO	PLANCHA	COORDENADAS		LOCALIZACIÓN	ANÁLISIS
			NORTE	ESTE		
	CAG-101	253-III	971,968	1,029,363	Vía Guanape-Chaparral, sector Loma Linda	Grava (49,2%) Arena (47,8%)
	IQA-096	253-I	991,767	1,002,127	Paralela al sur de caño Guacamayas	Arena (89,3%)

8.3 MINERALES DE HIERRO

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 originó a 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 de 25 muestras para hierro y aluminio se encontró los siguientes valores en Fe_2O_3 se tuvo un promedio de 7,35%, y en

Al_2O_3, se obtuvo un valor de 11,3% (Figura 53 y 54). Al comparar estos valores, con los de INGEOMINAS (2006), se encuentra que el Fe2O3, tiene valores entre 16 al 48% y el Al2O3, presenta valores entre 5.5 a 17%. Esto indica que el óxido férrico y la bauxita tienen rango de interés económico, para que sean considerados dentro un programa de exploración de estos minerales.

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 (Cuellar, 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, sequias, terremotos, fuertes vientos etc., estos 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 a esta región del Vichada durante los últimos meses, así como también daños en la infraestructura vial de la zona.

En el área de la plancha 253, 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 ESCORRENTÍA - 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 aledaños a los ríos Muco y Guarrojo, donde los suelos se saturan al igual que las carreteras, terrenos bajos, zonas de cultivos y sitios poblados, donde las inundaciones ocurren en épocas de grandes precipitaciones. En la (
Figura 59), se muestran los procesos de erosión productos de fuerte temporadas de lluvias en el áreas de la plancha 253.

Figura 59. Zona de erosión (procesos de escurrimiento), donde se observa niveles de arenas y arcillas. Esto se presenta cercano a zonas de drenaje. Vía pozo Saltarín. YPS-092 N= 995018, E= 1046076, Cota= 320.

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, 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 253 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 253, 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 60).

Figura 60. Procesos erosivos y formación de flujos de detritos en los depósitos no consolidados de horizontes arenas arcillosas. Sector de Guanape. N: 974,306, E: 1’008,969, Cota: 206 m.s.n.m, estación CAG-096.

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 61).

Figura 61. Grietas de erosión formadas por cárcavas, producto del lavado de las laderas. Caserío Guanape. Estación CAG-096. Coordenadas N: 974,175; E:1,019,747.

9.3 AMENAZA SÍSMICA

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 **62** 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 Orinoquia. 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.

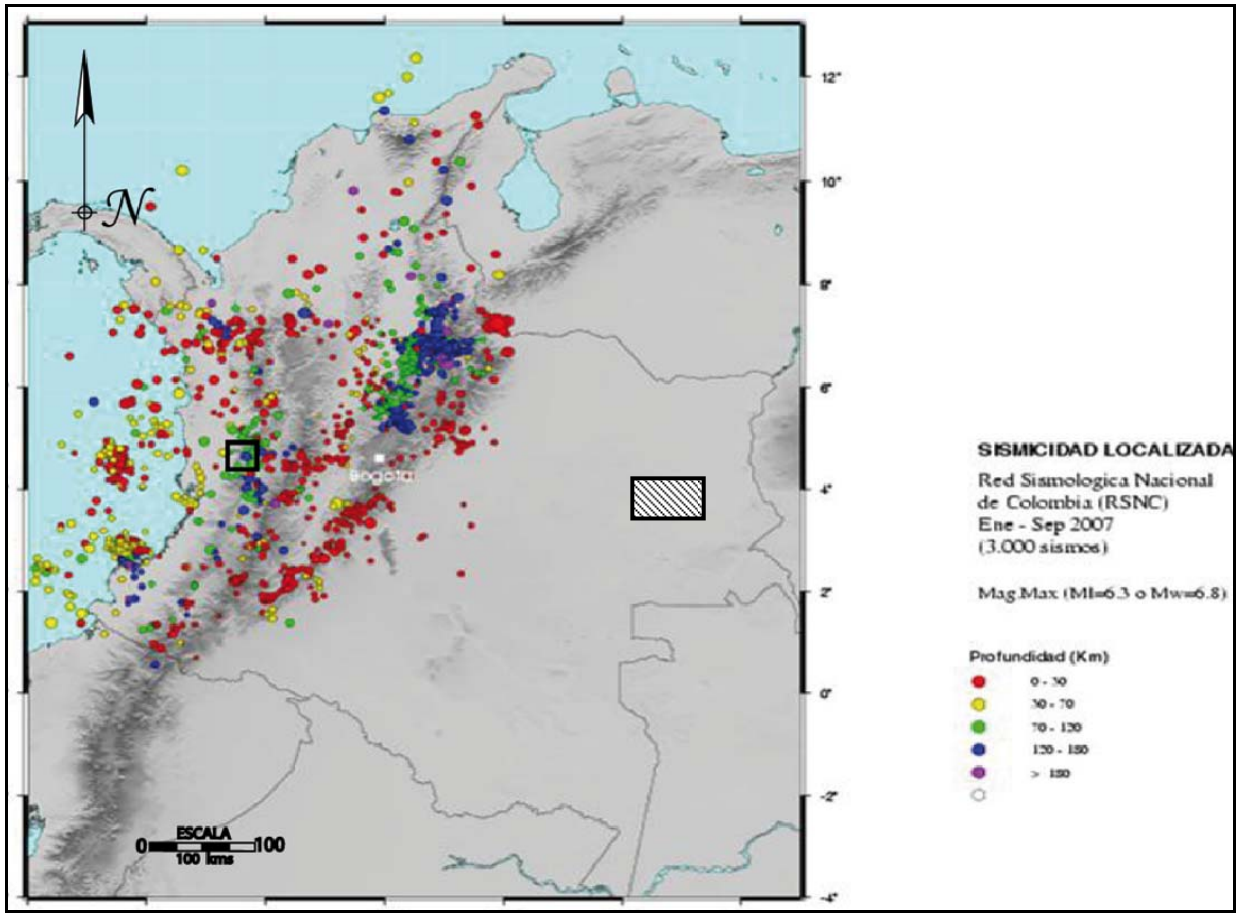

Figura 62. Mapa de Focos Sísmicos de Colombia. El área de estudio (Departamento del Vichada), se encuentra en el rectángulo negro.

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 253 del departamento del Vichada.

10.1 FUNDAMENTO TEÓRICO

En la publicación "Patrimonio Geológico en ingles "*Geological Heritage*", 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 los componentes fundamentales de su Patrimonio Geológico corresponden a aquellos sitios en que afloran, o son visibles los rasgos geológicos más característicos y mejor representativos de la plancha 253, del departamento del Vichada. Su estudio, inventariado, 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.

Además de las normas ya citadas, los artículos 360, 361; 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 Winbledon (1996) y modificada en Pisciotti *et al* (2001) donde se incluyen y definen las categorías de clasificación en una escala de 1 a 5 así: moderadamente importante, importante, normal, muy importante y extremadamente importante; siendo éste último el de mayor valor. Para lo cual en la (Tabla 32), se presentan la clasificación de geotopos, que está debidamente adaptada al área de estudio.

Tabla 32. Categorías de clasificación para Geotopos (Tomado de Winbledon, 1996 en Colegial et al 2002).

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 253 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 estas 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 destaca la presencia de sedimentos no consolidados de arenas de un origen eólico (Anexo E) de color amarillo ocre y amarillas claras, con granos de cuarzo de tamaño fino a media, con formas redondeadas esféricas. La extensión de estos depósitos eólicos es menor con relación a los observados hacia el noreste del país y en inmediaciones Venezuela. Así mismo, se observan registro estratigráfico reciente asociado a la actividad fluvial del río Muco y las corrientes menores en la zona.

10.2.2 Categoría Petrográfica y Mineralógica

Para la parte de petrografía y mineralogía se toman detalles de importancia como ubicación especifica 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 importante valor científico, para investigaciones y análisis geoquímicos, minerales raros, poco comunes, y representativos.

El departamento del Vichada en su plancha 253 presenta características petrográficas y mineralógicas de importancia entre las que se destacan tanto para el interés científico como para la exploración mineral, y que han sido estudiadas dentro del presente proyecto (Anexo E); las evidencias dentro de rocas clasto-soportadas compuestas por un esqueleto maduro, a base de granos de cuarzo presentan macla de Boehm lo que indica sometimiento del material a intensos procesos de deformación y fragmentos líticos. En ocasiones los granos de cuarzo tienen contornos embebido por posible origen volcánico. Los fragmentos líticos corresponden a cuarcitas, cuarzoarenitas de grano fino, limolitas y lodolitas. Sección delgada de la estación JRA-060, correspondiente a una Litoarenita ferruginosa gradada. Se observa en la lámina delgada la pobre selección de los granos, los cuales presentan contactos flotantes en el material ferruginoso, así como algunos granos de tamaño superior a la arena asociados con granos tamaño arena gruesa y rodeados por el óxido de hierro. Se evidencia en sectores bordes embebido en granos de cuarzo.

La diagénesis química sufrida por la roca produjo precipitación de óxido de hierro en forma de hematita que aglutinó los granos que conforman el esqueleto. La hematita fue posteriormente lixiviada dejando únicamente patinas alrededor de los granos y generando un gran porcentaje de espacio poroso. Posterior al proceso de disolución de la hematita, en algunas muestras, se presenta una incipiente cementación arcillosa con un tono pardo y un hábito fibroso radial dispuesto en capas concéntricas, que se precipitó preferencialmente en el espacio poroso intergranular. La sección delgada de la estación YPS-095, donde se observa una litoarenita ferruginosa gradada. Se evidencia una alta porosidad intergranular por efecto de la intensa disolución del

cementante de hierro del cual solo quedan patinas recubriendo los granos y puentes que conectan los granos. Resalta la alta porosidad secundaria intergranular e intragranular tanto en granos de cuarzo como en fragmentos líticos. En color amarillo oscuro se aprecia la sal que se precipitó de manera posterior en estos espacios porosos creados luego de la disolución de la hematita.

10.2.3 Categoría Geomorfológica

Los Geotopos relacionados con las formas del paisaje que 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., son asociados a este tipo de geotopo.

En el departamento del Vichada en su plancha 253, presenta fuertes evidencias de procesos aluviales relacionados con el sistema de drenaje de la zona el cual, influye en la depositación de sedimentos durante la migración del mismo. Los Geotopos de las geoformas descritas y presentadas en este informe (Anexo E), permiten observar variaciones en el paisaje relacionado a la dinámica fluvial y a los contrastes de vegetación entre sabanas y zonas más boscosas (
Figura 63).

Figura 63., Cruce vía antigua y nueva a Guanape, donde se observa un valle (Qll) desarrollado en medio de las lomas cubiertas por fragmentos de costras ferruginosas (Qcf). Estos depósitos se asocian a las geoformas de altillanuras planas y disectadas. Estación . JRA060

Así mismo, se observan extensas planicies (
Figura 64), con terrenos llanos conformados por arenas friables, de grano fino de origen eólico, con presencia de cerros aislados de costras ferruginosas hacia el NW.

Figura 64. Sabanas al norte del caño el Guarrojo. Donde se observa sobre la vía; sedimentos de arenas, friables de color amarillo pálido, de posible origen eólico. Estación MV-021.

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 departamento del Vichada presenta una red hídrica conformada por numerosos ríos, quebradas, y corrientes menores, destacándose en importancia la cuenca del río Vichada, que tiene de afluente principal en la Plancha 253 al río Muco (Anexo E). Este río, en su trayectoria desarrolla geoformas de: depositación y erosión como playas, barras, terrazas entre otras geoformas Así mismo, en la plancha 253, principalmente en épocas de invierno, son visibles zonas de inundación de gran extensión asociadas a este río y otros afluentes de corrientes menores, (
Figura 65).

Figura 65. Vía de San José de Ocuné a Tres Matas. Se observa la zona de nacimiento del caño Guacamayas, en el cual son evidentes las zonas pantanosas que son inundadas invierno. JRA-087-F2.

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 borde llanero y al oriente se localiza en el Escudo de la Guyana (
Figura 66).

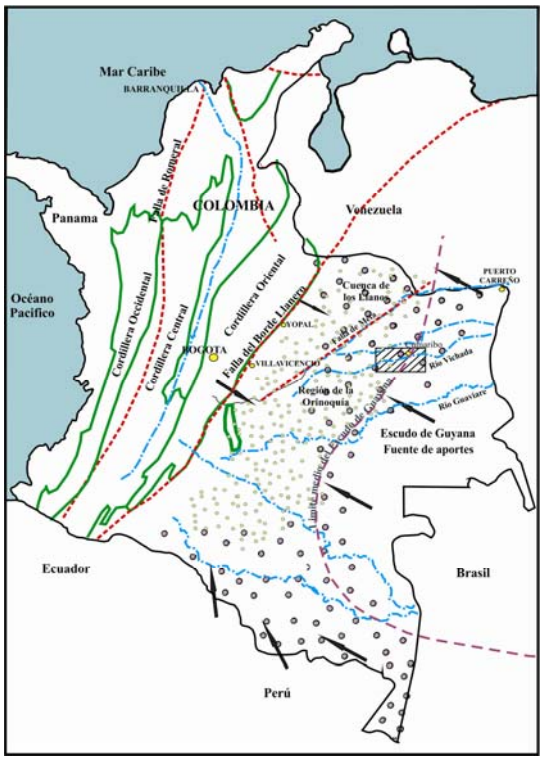

Figura 66. Configuración actual de la cuenca de los Llanos Orientales. (Esquema de propuesta para este trabajo).

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 66).

11.1 PRECÁMBRICO

La unidad rocosa más antigua que aflora en el departamento del Vichada corresponde al llamado Granito de Parguaza, término utilizado por Mc Candless (1965), 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 *et al*; 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

Según Galvis *et al* (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* (1979). Toussaint (1993), también reporta que no se conoce sedimentación de edad Silúrico en esta región de los Llanos Orientales.

Galvis *et al* (1979) 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* (1979), mencionan que los estratos del Mesozoico, están conformados 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), menciona 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 extiende más allá de los pozos ST-GU 15 y Negritos 1, de Cooper *et al* (1995) e Irving (1971), respectivamente. Galvis *et al* (2001), indican que hacia el Eoceno Tardío se dieron desarrollo 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 *et al* (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 Gossen (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 a la unidad en seis miembros informales del G1 al 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 y 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 estos 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 establecida a partir de estudios anteriores de geología, fotointerpretación, trabajo de trabajo de campo y análisis petrográficos, que junto con los resultados de palinología palinología obtenidos tras el estudio, se pudo determinar que las unidades del área área registran una edad de Pleistoceno-Holoceno (

Figura 17).

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 253.

La red hidrográfica de la Plancha 253 está conformada principalmente por los ríos Muco y Guarrojo, además 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 tomaron alrededor de 170 estaciones, 56 muestras y se elaboró un registro fotográfico del área, lo que permitió un gran cubrimiento de esta región. Igualmente se alcanzaron importantes datos

de geoquímica, palinología, petrografía y granulometría, entre otros. Además se levantaron 11 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 253 Guacamayas se analizaron las diferentes unidades de origen fluvio-aluviales 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 unidades litoestratigráficas denominadas 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 253 (Guacamayas), queda de la siguiente manera: Hacia los sectores sureste de la plancha, ocurren de manera regular Depósitos de Sedimentos Pedogenizados Asociados a costras ferruginosas (Qcf), los cuales están dispuestos en estratos horizontales y en bloque sueltos y alcanzan espesores que en conjunto de hasta unos 10 metros. Estos deposito se encuentra surcados por los ríos Muco y Guarrojo y por innumerables caños, que forman pequeños valles en los cuales se acumulan residuos de estos depósitos, con sedimentos lodosos de las unidades de las llanuras de Cauce Aluvial (Qac) y de Inundación (Qll). Hacia el noroccidente se encuentran grandes extensiones de Sedimentos de penillanuras eólicas (Qpe) y los Depósitos eólicos (Qe). Generalmente conformado capas gruesas macizas, inconsolidadas de arenas de grano fino a medio, de color marrón amarillo y en esta plancha se vio con espesor entre 1 a 10 m.

La unidad Qcf se compone esencialmente de capas gruesas macizas de arcillas limosas moteadas y capas medias a gruesas arenitas de cuarzo y de líticos, de color marrón oscuro, de tamaño fino a grueso, en ocasiones conglomerática,

con cemento ferruginoso, con estratificación plano paralela continua y cruzada. Las unidades Qe y Qpe, se componen sustancialmente de bancos inconsolidados de arenas de cuarzo de grano fino a medio, de color marrón pálido, matriz arcillosa, ocasionalmente laminación plana a difusa, trazas de bioturbación. Estos sedimentos generalmente se encuentran en combinación con material de suelo. Los Depósitos de origen aluvial Qll y Qac, se encuentran conformados por sedimentos amalgamados limo-arenoso y lodosos, 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 253, se definieron de la siguiente manera; Con datos de campo se dedujo el Anticlinal de Aracure como una estructura local, que se expone al noreste de la plancha. Con fotointerpretación se determinaron los lineamientos del Caño Guarrojo, Guaturia, y Muco-Chupabe, los cuales tienen un patrón de dirección este-oeste. De otro lado para la definición de los sistemas de fallas, ésta se hizo con interpretación sísmica, de donde se dedujeron las fallas del Caño Jujubo, Algarrobo y la Falla del caño Pozo Azul, cuya dirección es suroeste-noreste.

En estos depósitos sedimentarios los estratos son de bajo ángulo de inclinación, lo que hace que morfológicamente 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 253 (Guacamayas), 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 1%, 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 72%, es decir, presenta una concentración alta.

- El Al_2O_3, tienen valor de 11.4%, lo que hace que sea un valor representativos y entran dentro del rango de aceptables. El Fe_2O_3 arrojó un valor de 7.3%, el cual se encuentra en el rango aceptable según lo reportado por (INGEOMINAS 2006).

En el análisis de las 25 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 1083 ppm
- El Vanadio tuvo un promedio de 93 ppm
- El Niobio tuvo promedio de 22 ppm.

Los anteriores resultados indican que son valores altos en comparación con los reportados por (INGEOMINAS 2006). Lo cual los convierte en metales 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 (55 ppm),
- El Bario tuvo promedio de de (32 ppm),
- El Manganeso tuvo promedio de (161 ppm)
- El Zinc tuvo promedio de (27 ppm).

Lo anterior sugiere, que los valores de estos elementos son altos por lo cual existe la posibilidad que sean depósitos rentables. Además, han 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 de los de elementos de tierras raras.

Esta región del Bloque 9, queda dentro del marco geológico de la Orinoquia colombiana y dentro 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 parte ya han sido evaluados con trabajos anteriores 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 su 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 poder delimitar grandes áreas mineralógicas.

En la zona se presentan importantes depósitos de materiales como gravas y agregados, los cuales están compuestos por arenas y limos. Estos materiales, son empleados en la construcción de viviendas y afirmado de vías en la zona. Las principales fuentes de estos agregados son las playas de los ríos Guarrojo y Muco, sin embargo el alto contenido de arcillas en estos sedimentos hace difícilmente sean explotables estos recursos.

En el área de la Plancha 253, 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.

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 253, 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)