



Libertad y Orden

SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO

***CARTOGRAFIA GEOLÓGICA PLANCHA 273 (CHUPABE)
BLOQUE 9 – DEPARTAMENTO DEL VICHADA***



Contrato N° 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 273 (CHUPABE)
BLOQUE 9 – DEPARTAMENTO DEL VICHADA***



GEOREXP S.A.S

Bogotá, diciembre de 2012

CONTENIDO

	Pág.
LISTA DE FIGURAS	6
LISTA DE ANEXOS	13
RESUMEN	14
ABSTRACT	16
INTRODUCCIÓN	18
1. GENERALIDADES	20
1.1 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA	20
1.2 VÍAS DE COMUNICACIÓN	21
1.3 RELIEVE	23
1.4 CLIMA	23
1.5 HIDROGRAFÍA	23
1.5.1 Río Vichada	24
1.5.2 Río Cada	24
1.5.3 Caño Chupabe	25
1.5.4 Caño Cabace	25
1.5.5 Caño Cochimí	25
1.6 VEGETACIÓN	25
1.7 POBLACIÓN	25
1.8 ECONOMÍA	25
2. METODOLOGÍA	27
2.1 REVISIÓN Y DIAGNÓSTICO DE LA INFORMACIÓN	27
2.1.1 Información geológica	28
2.1.2 Información cartográfica	30
2.1.3 Información topográfica	30
2.1.4 Interpretación y elaboración de mapas fotogeológicos	31
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	35
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 fluvio-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 Meandros abandonados (Fma)	44
3.2.1.5 Cuencas de decantación o planos inundables (Fcd)	45
3.2.1.6 Cuencas de decantación activas (Fcda).....	45
3.2.1.7 Terrazas aluviales (Ft).....	45
3.2.1.8 Terrazas aluviales altas (Fta)	46
3.2.1.9 Terrazas aluviales bajas (Ftb)	46
3.2.2 Unidades geomorfológicas de origen denudacional	46
3.2.2.1 Altillanura disectada (Dad)	47
3.2.2.2 Altillanura plana (Dap).....	47
3.2.2.3 Altillanura con crestas planas (Dacp)	48
3.2.2.4 Sedimentos de costras de hierro (DCfe)	48
3.2.2.5 Altillanuras en detritos continentales (Dac).....	49
3.2.3 Rasgos geomorfológicos	50
4. GEOLOGÍA	51
4.1 CENOZOICO	54
4.1.1 Neógeno	54
4.1.2 Cuaternario	54
5. ESTRATIGRAFÍA	55
5.1 CUATERNARIO: PLEISTOCENO SUPERIOR	58
Unidad de Sedimentos asociados a costras ferruginosas (Qcf)	58
5.2 CUATERNARIO: HOLOCENO	67
5.2.1 Depósitos de penillanura eólica (Qpe).....	68
5.2.2 Depósitos aluviales	71
5.2.2.1 Depósitos de llanura de inundación (QII)	71
5.2.2.2 Depósitos de Cauce Aluvial (Qac).....	73
6. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL	77
6.1 TECTÓNICA	77
6.2 ESTRUCTURAS DE CAMPO	79
6.2.1 Pliegues	81
6.2.1.1 Sinclinal de Boponé–Cumaribo	81
6.2.1.2 Anticlinal de Boponé–Achacara.....	81
6.2.2 Fallas.....	81
6.3 LINEAMIENTOS	81
6.4 ESTRUCTURAS DEL SUBSUELO	82
7. GEOQUÍMICA	87
7.1 MUESTREO GEOQUÍMICO	87
7.1.1 Sedimento activo fino	88
7.1.2 Suelo	88

7.1.3 Llanura de inundación	88
7.2 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS GEOQUÍMICOS.....	88
8. GEOLOGÍA ECONÓMICA	96
8.1 TIERRAS RARAS	96
8.1.1 Fluorescencia de rayos X - FRX elementos mayores y menores.....	96
8.1.1.1 Fluorescencia de rayos X – FRX elementos mayores	96
8.1.1.2 Fluorescencia de rayos X – FRX elementos menores y trazas.....	99
8.1.2 Espectrometría de masas con plasma acoplado inductivamente ICP-MS 104	
8.2 MATERIALES DE CONTRUCCIÓN.....	112
8.3 MINERALES DE HIERRO Y ALUMINIO	112
9. AMENAZAS NATURALES	114
9.1 PROCESOS DE ESCORRENTÍA – INUNDACIONES	114
9.2 PROCESOS EROSIVOS.....	116
9.2.1 Erosión fluvial lateral	116
9.2.2 Carcavamiento.....	116
9.3 AMENAZA SÍSMICA.....	117
10. PATRIMONIO GEOLÓGICO.....	119
10.1 FUNDAMENTO TEÓRICO	119
10.2 CATEGORÍAS DE CLASIFICACIÓN DE LOS GEOTOPOS	120
10.2.1 Categoría estratigráfica.....	121
10.2.2 Categoría petrográfica y mineralógica.....	123
10.2.3 Categoría geomorfológica	124
10.2.4 Categoría hidrogeológica	125
10.2.5 Categoría paleontológica.....	126
11. EVOLUCIÓN GEOLÓGICA	127
11.1 PRECÁMBRICO	128
11.2 PALEOZOICO	129
11.3 MESOZOICO	129
11.4 CENOZOICO	130
11.5 MARCO GEOLÓGICO LOCAL	131
CONCLUSIONES.....	134
RECOMENDACIONES	140
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	141

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Mapa de localización del Bloque 9 – Plancha 273 (Chupabe). Departamento del Vichada.....	21
Figura 2. Panorámica del paso en el río Vichada, en el sector San José de Ocutú.....	22
Figura 3. Mapa hidrográfico de la Plancha 273, departamento del Vichada (Tomado del mapa departamental del Vichada, escala 1:500.000. IGAC, 2008).	24
Figura 4. Mapa de ubicación de las fotografías aéreas usadas para la elaboración del mapa fotogeológico. (Tomado del mapa departamental del Vichada, escala 1:500.000. IGAC, 2008).	32
Figura 5. a. Imagen general de la capacitación de sueros antiofídicos a la comunidad de Cumaribo. b. Socialización llevada a cabo desde la emisora del Ejército Nacional.	34
Figura 6. En la parte superior se observa la imagen de radar ALOS-PALSAR correspondientes al área de la 273 (Chupabe) y en la parte inferior se presenta el mapa geomorfológico interpretado en este trabajo.....	38
Figura 7. Llanuras de inundación en el sector de la cuenca alta del río Cada. 42	
Figura 8. Margen izquierdo aguas abajo del caño Chupabe. Se observan las barras longitudinales de arena con niveles de vegetación. JRA-004. N: 940,198, E: 1'106,362, Cota: 153 m.s.n.m.	42
Figura 9. Desembocadura del caño Ucuturu al río Cada. Donde se presentan barras de arena de aproximadamente 5 m junto al caño. YPS-008. Coordenadas N: 927138; E: 1082063.	43
Figura 10. Meandro en la margen derecha aguas abajo del caño Chupabe donde se observó geofomas de meandro. JRA-001. Coordenadas N: 939,832; E: 1, 102,139.	44
Figura 11. Foto aérea (Vuelo 1280 Numero 27897). Imagen del sistema de meandros en el río Vichada, donde se dan forma de medialunas indicando una escasa pendiente del terreno y también una disminución de su nivel de base. 44	
Figura 12. Desembocadura del caño Ucuturu, en la margen derecha, aguas abajo en el caño Cada. YPS-008-F1. Coordenadas N: 927138; E: 1082063. ..	45
Figura 13. Panorámica donde se observan altillanuras disectadas conformadas por arenas ferruginosas en fragmentos en su superficie. Vía Saracure - Mercí. YPS-029. N= 947333, E= 1069275, Cota= 185 m.s.n.m.	47

- Figura 14.** Panorámica de una altillanura plana conformada por arenas ferruginosas en superficie (Qcf) y por arenas limosas. Vía Saracure - Merci - Tienda Nueva PS-026 N= 951182, E= 1067623, Cota= 164 m.s.n.m. **48**
- Figura 15.** Panorámica en donde se observa colinas de 10 m de altura, correspondientes a las altillanuras disectadas, con valles intermedios los cuales conforman las altillanuras planas. Vía Saracure - Merci - Tienda Nueva. YPS-027. N= 948584, E= 1068583, Cota= 169 m.s.n.m. **49**
- Figura 16.** Cuadro esquemático cronoestratigráfico para las unidades cuaternarias identificadas en el Bloque 9 – Plancha 273 (Chupabe). La parte basal (subsuelo) hasta el Mioceno fue tomada y modificada de Fabre, 1985. . **52**
- Figura 17.** Triángulo de clasificación composicional para areniscas de Folk (1974). **55**
- Figura 18.** Columnas litológicas generalizadas de la plancha 273. Los números corresponden a las estaciones de campo de: (1) HM-033, (2) HM-021, (3) YPS-024, (4) EG-125/217, (5) EG-056, (6) YPS- 012, (7) JRA-01 y (8) JRA-034..... **57**
- Figura 19.** Sector de la comunidad Loma del Arenal. En la base se presentan capas arcillas con arenas muy finas, seguido de costras ferruginosas embebidas entre arcillas, de tonalidad amarillenta, las cuales están cubiertas por costras ferruginosas en superficie. YPS-012. Coordenadas N= 945252, E= 1089613, Cota= 201 m.s.n.m..... **59**
- Figura 20.** Depósitos de lodo y arena muy fina con laminación cruzada en capas de 2 a 4 cm de espesor. Margen del caño Chupabe. JRA003. Coordenadas N= 939847, E= 1104993, Cota= 154 m.s.n.m. **59**
- Figura 21.** En la imagen izquierda se presentan capas gruesas de arenas blancas de grano fino, con cemento ferruginoso. La imagen de derecha se detalla la parte superior del afloramiento anterior, con presencia de niveles de costras ferruginosas separadas por sedimentos areno-lodoso. EG-125 Coordenadas: 940266 N; 1071033 E; 207 m. Azimut 20°. **60**
- Figura 22.** Costras ferruginosas de fragmentos angulares dentro de una matriz arenosa fina. En algunos fragmentos se presentan restos vegetación petrificada (Xilópalos). HDM034. Coordenadas N: 940.769 E: 1073.224. **61**
- Figura 23.** Morfología de colinas con valles amplios en forma de U y cimas alargadas. Estas colinas presentan costras ferruginosas en fragmentos (Qcf) en su superficie. Vía Saracure – Merci. YPS-029. Coordenadas N: 947333, E: 1069275..... **61**
- Figura 24.** Triángulo de clasificación de (Folk, 1974), en el cual las muestras analizadas se ubican en los campos de las cuarzoarenitas, sublitoarenitas y de las arcosas..... **63**
- Figura 25.** a. Nícoles paralelos. Clastos de cuarzo, con pobre selección. Se observan dos venas de hematita? b. Nícoles cruzados. Se observan cuarzos monocristalinos principalmente. Muestra YPS 014. **64**
- Figura 26.** a. Nícoles paralelos. Se observan clastos de cuarzo (Qz), con escasos fragmentos líticos y un fragmento de chert (Ch). b. Nícoles cruzados. **65**

Figura 27. Sublitoarenita ferruginosa. a. Se observan clastos de tamaño arena muy fina, compuestos por cuarzo principalmente. b. Se observa una mica moscovita (Mv) a manera de traza.	66
Figura 28. Panorámica donde se observa colinas de costras ferruginosas (Qcf) con presencia de arena fina y limo hacia los valles (QII).YPS-031. N= 943579, E= 1066414, Cota= 209 m.s.n.m.	66
Figura 29. Terreno llano conformado por arenas de grano fino de la, de color rojo unidad Qpe, infrayacidas por niveles de costras ferruginosas. YPS-024. Coordenadas N= 952706, E= 1083308, Cota= 162 m.s.n.m.	68
Figura 30. En la vía que va de San José de Ocné – Chupabe, se presentan arenas finas inconsolidadas, con matriz de arcilla. HDM-020. Coordenadas: 949531 N; 1086948 E; 184 m.	69
Figura 31. Triángulo de clasificación de (Folk, 1974), donde las muestras analizadas de la Unidad Qpe, se ubican en el campo de las sublitoarenitas...	70
Figura 32. Panorámica llanura de inundación (QII) del río Cada. EG-141. Coordenadas: 928,952 N; 1'076,526 E; 157 m.	72
Figura 33. Panorámica de la llanura de inundación. Estas áreas presentan abundante vegetación de pastos altos. Sector del río Vichada. HDM-021. Coordenadas N: 959.444, E: 1'080.908.	72
Figura 34. Desembocadura del caño Ucuturu al río Cada. Hacia las márgenes se forman depósitos de arenas de cauce aluvial. YPS-008. N= 927138, E= 1082063, Cota= 140 m.s.n.m.	74
Figura 35. Bloque-diagrama de una planicie aluvial. Donde se depositaron las unidades de costras ferruginosas, depósitos eólicos, de penillanuras y sedimentos de origen aluvial. (Tomado y modificado de Friedman <i>et al.</i> , 1992).	76
Figura 36. Migración de la ondícula flexural en un sistema de cuenca de antepaís. Según DeCelles & Giles (1996), tomado de Bayona <i>et al.</i> (2008). ...	78
Figura 37. Esquema representativo de las zonas de depositación en un sistema de cuenca de antepaís. Tomado de DeCelles & Giles (1996).	79
Figura 38. Mapa de ubicación de las principales estructuras y lineamientos regionales.	80
Figura 39. Interpretación sísmica de las líneas CL-1981-30-1 en el área de estudio.	84
Figura 40. Interpretación sísmica de las líneas CL-1981-26-2 en el área de estudio.	85
Figura 41. Secciones estructurales generalizadas construidas en el área de estudio. Ver ubicación en la Figura 38.	86
Figura 42. Mapas de abundancia de algunos elementos y óxidos que presentan las mayores concentraciones en la zona de estudio. La concentración de los elementos está dada en ppm y la de los óxidos en porcentaje. Los puntos representan la ubicación de las muestras analizadas.	93

Figura 43. Mapas de abundancia de algunos elementos y óxidos que presentan las mayores concentraciones en la zona de estudio. La concentración de los elementos está dada en ppm y la de los óxidos en porcentaje. Los puntos representan la ubicación de las muestras analizadas. 94

Figura 44. 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 & Gao (2003). Los datos fueron separados dependiendo de la escala de comparación entre los diferentes elementos. 95

Figura 45. Gráfico estadístico (porcentaje vs. muestras) que indica la distribución del contenido de TiO_2 en las muestras analizadas mediante el método FRX. 97

Figura 46. Gráfico estadístico (porcentaje vs. muestras) que indica la distribución del contenido de SiO_2 en las muestras analizadas mediante el método FRX. 97

Figura 47. Gráfico estadístico (porcentaje vs. muestras) que indica la distribución del contenido de Al_2O_3 en las muestras analizadas mediante el método FRX. 98

Figura 48. Gráfico estadístico (porcentaje vs. muestras) que indica la distribución del contenido de Fe_2O_3 en las muestras analizadas mediante el método FRX. 98

Figura 49. Gráfico estadístico (ppm vs. Muestras) que indica la distribución de los elementos menores y trazas: Circonio (Zr), vanadio (V), niobio (Nb), hafnio (Hf) en las muestras analizadas mediante el método FRX. 99

Figura 50. Distribución geográfica de elementos de tierras raras mediante el método de Fluorescencia de Rayos X – FRX elementos menores y trazas. .. 103

Figura 51. Gráfico estadístico. Diagrama de columnas que indica la distribución de los elementos metálicos y de tierras raras mediante el método ICP - MS. 104

Figura 52. Distribución geográfica de elementos metálicos mediante el método de Espectrometría de Masas con Plasma Acoplado Inductivamente ICP – MS. 107

Figura 53. Sector de la cuenca alta del río Cada, donde la región es susceptible a inundaciones. EG-142. Coordenadas N: 928,044 E: 1,076,887 115

Figura 54. Procesos erosivos y formación de flujos de detritos en los depósitos no consolidados de horizontes arena poco consolidada de tamaño de grano fino a medio de forma subangular con abundante arcilla de color café. En cabecera de la quebrada San Marcos (entrada de la finca San Marcos). HDM-010. Coordenadas N: 958323, E: 1089688, Cota: 176 m.s.n.m 117

Figura 55. Mapa de Focos Sísmicos de Colombia. El área de estudio (Departamento del Vichada), se encuentra en el rectángulo negro. (Mapa tomado de www.ingominas.gov.co). 118

Figura 56. Apique "El Arenal" Junto comunidad La Loma del Arenal, donde se observa en la parte inferior material arcilloso con presencia de arenas muy finas, seguido de costras ferruginosas embebidas en arcillas, luego sobre ellas

se aprecia arcillas de tonalidad amarillenta, las cuales finalmente son cubiertas por costras ferruginosas fragmentadas, las cuales se encuentran en la superficie de las colinas. YPS-012. Coordenadas N: 945252, E: 1089613, Cota: 201 m.s.n.m. 122

Figura 57. Depósitos de lodo y arena muy fina con laminación cruzada en capas de 2 a 4 cm de espesor. Margen del caño Chupabe. JRA003. Coordenadas N= 939847, E= 1104993, Cota= 154 m.s.n.m. 123

Figura 58. Carretera Tienda Nueva – Mereyal. Terreno ondulado con presencia de 124

Figura 59. Panorámica donde se muestra una llanura extensa (Qpe), ausencia de 125

Figura 60. Margen izquierdo del caño Chupabe, con barras laterales de arena fina..... 125

Figura 61. Comunidad el Mamoyal cercano al caño Maouba. En este punto se observan fragmentos de costras ferruginosas de 2 a 4 cm de diámetro. También se observan costra de mayor tamaño de 20 a 40 cm, las cuales tiene en su interior xilópalos. HDM-036. Coordenadas N= 939839, E= 1074136, Cota= 208 m.s.n.m. 126

Figura 62. Configuración actual de la cuenca de los Llanos Orientales (Esquema de propuesta para este trabajo). 128

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Bloque 9. Relación de las planchas topográficas del IGAC escala 1:100.000.....	21
Tabla 2. Principales vías carretables que se encuentran en el Bloque 9.	22
Tabla 3. Resumen de la información topográfica.....	30
Tabla 4. Información de los vuelos utilizados para la fotointerpretación.	31
Tabla 5. Estaciones geológicas y muestras colectadas en la plancha 273 – Chupabe.....	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.	53
Tabla 8. Segmentos de Columnas estratigráficas levantadas en la Plancha 273.	56
Tabla 9. Muestras colectadas para la Unidad Qcf.	62
Tabla 10. Muestras analizadas con lupa binocular para la Unidad Qcf.	63
Tabla 11. Muestras analizadas petrográficamente para la Unidad Qcf.	64
Tabla 12. Muestras colectadas para la Unidad Qpe	69
Tabla 13. Muestra analizada en lupa binocular para la Unidad Qpe.	70
Tabla 14. Muestras colectadas para la Unidad Qll.....	73
Tabla 15. Muestras colectadas para la Unidad Qac.....	75
Tabla 16. Lineamientos intepretados en el área de estudio.....	82
Tabla 17. Control de muestras válidas (V) y no válidas (NV). Resultados obtenidos por FRX.	89
Tabla 18. 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 negrita se encuentran los valores que estuvieron por encima del promedio de la corteza y en gris los valores por debajo del rango de detección	91
Tabla 19. 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 & Gao, 2003). En negrita se encuentran los valores que estuvieron por encima del promedio de la corteza.	92
Tabla 20. Resultados de Circonio (Zr)	100
Tabla 21. Resultados de Vanadio (V)	100
Tabla 22. Resultados de Hafnio (Hf)	100

Tabla 23. Resultados de Niobio (Nb)	101
Tabla 24. Resultados de Itrio (Y)	104
Tabla 25. Resultados de Bario (Ba).....	105
Tabla 26. Resultados de Cesio (Ce)	105
Tabla 27. Resultados de Cromo (Cr)	105
Tabla 28. Resultados de Zinc (Zn).....	105
Tabla 29. Análisis de muestras con manifestaciones de elementos de Tierras Raras.....	108
Tabla 30. Análisis de muestras con manifestaciones de elementos de Tierras Raras.....	110
Tabla 31. Ensayo granulométrico para fuentes agregados.....	112
Tabla 32. Categorías de clasificación para Geotopos (Tomado de Winbledon, 1996;.....	121

LISTA DE ANEXOS

- Anexo A1.** Estaciones geológicas.
Anexo A2. Muestras colectadas
Anexo B1. Mapa geológico de la Plancha 273 (Chupabe). Escala 1:100.000.
Anexo B2. Mapa geomorfológico de la Plancha 273 (Chupabe). Escala 1:100.000.
Anexo B3. Mapa de estaciones de la Plancha 273 (Chupabe). Escala 1:100.000.
Anexo C. Socialización
Anexo D1. Petrografía macroscópica
Anexo D2. Petrografía microscópica
Anexo D3. Análisis palinológico y microestratigráfico.
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 273 (Chupabe). Escala 1:100000
Anexo I. Mapa fotogeológico de la Plancha 273 (Chupabe). Escala 1:50.000
Anexo J. Mapa de campo de la Plancha 273 (Chupabe). Escala 1:50.000

RESUMEN

El área de estudio se localiza en el departamento del Vichada, ocupa el área que se conoce como Plancha 273 (Chupabe), la cual alcanza una extensión de 2.400 km². En esta plancha se ubican los corregimientos de Chupabe y Puerto Lindo, además de los caseríos de Sunape, Guacome, Terecay, Saracure Docovia, Naranjito Chiquivo, Cabace, Mereyal, y Tienda Nueva, entre otros, los cuales se hallan habitados principalmente por población indígena.

En esta región, el río Vichada se localiza en el extremo noroeste de la plancha, cuyos principales afluentes son los caños Sunape, Cholobobo, Tigre, Guerra, Jojore, Inariabe y Cawasi y hacia las regiones sur de la plancha se encuentran que la principal red hídrica la conforma el río Cada y el caño Chupabe y como tributarios de estos se hallan los caños Ucuturu, Docovia, Cawasi y Sinariapo.

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

El relieve de la plancha referida, está conformado por suelos planos, cóncavos, convexos a suavemente ondulados, el cual permite desarrollar diferentes tipos de paisajes y vegetación, como son sabanas y bosques de galería al norte y terrenos con vegetación de bosque son los que empalma con la selva amazónica en la parte sur de la plancha.

En el levantamiento de la cartografía geológica de la Plancha 273 (Chupabe), se reconocieron cuatro (4) unidades cartográficas, las cuales han sido definidas de la siguiente manera: Sedimentos pedogenizados asociados a costras ferruginosas (Qcf), Depósitos de Penillanuras Eólicas (Qpe), Depósitos de Cauce aluvial (Qac), y Depósitos de Llanuras de Inundación (QII). En cada una de estas unidades recientes, se reconocieron sus características litológicas y se tomaron muestras para diferentes tipos de análisis como, por ejemplo, los de palinología, petrografía y geoquímica.

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

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

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

ABSTRACT

The study area is located in Vichada's department, that occupies an area in the map called "273 quadrangle – Chupabe" and reaches an extension of 2.400km². In this quadrangle, it can find jurisdictions like Chupabe y Puerto Lindo and some inhabited hamlets by indigenous population like Sunape, Guacome, Terecay, Saracure Docovia, Naranjito Chiquivo, Cabace, Mereyal, and Tienda Nueva among others.

In this region the Vichada River is located at the northwest end on the 273 quadrangle. It's main water tributaries are the Sunape, Cholobobo, Tigre, Guerra, Jojore, Inariabe and Cawasi Streams; and southward of 273 quadrangle, there is the most important hydrographic network to make up Cada River and Caño Chuoabe, and water tributaries derived from these like Caño Ucuturu, Docovia, Cawasi y Sinariapo

Orinoquia's region of Vichada's department weather, shows average temperatures goes from 18° to 36°C, pluvial 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 273 quadrangle's region is made up by plain, concaves, convex and slightly waved soils. Those conditions allow the development of different types of landscapes and vegetation corresponding to zones of grasslands and gallery forests, and southward it can find jungle areas.

Performing the geological cartography of 273 quadrangle (Chupabe), there have been recognized four (4) cartographic units which have been defined as follows: pedogenetic sediments associated with ferric crust (Qcf), Aeolian peneplain deposits (Qpe), alluvial channel deposits (Qac), and flooding plain deposits (QII). 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 system where have evolved Aeolian and peneplain deposits, besides processes of laterization, pedogenesis, and among factors that controlled the basin filling, are that the tectonic subsidence and the climate,

which are crucial in relationship between the sediment supply and the accommodation space.

Additionally, in this cartographic study, were performed petrographic studies which have corroborated that the origin of the rocks that composes the recent units, are from Guyana Shield and the Eastern Cordillera; it was also found 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 lo cual se trazó un plan de actividades, que consistió en el levantamiento de nueva información geológica, estratigráfica, estructural y geoquímica de áreas sin cobertura geológica, como lo es el área de 13 200 km² 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.º 941 de 2011, cuyo principal objetivo ha sido “La realización de la cartografía geológica y la exploración geoquímica de la Plancha 273 (Chupabe) del departamento del Vichada”.

Para el desarrollo y programación de las actividades del proyecto, se realizó inicialmente la revisión de la información bibliográfica, seguida de una campaña de socialización, que proporcionó las bases para la planificación del trabajo de campo. Como resultado de estas tareas se ejecutaron dos fases de campo: la primera realizada durante el mes de marzo y la segunda en mayo de 2012, las cuales tuvieron como actividades inmediatas las traversas geológicas correspondientes a la Plancha 273 (Chupabe). Posteriormente, se integran todos los resultados alcanzados en la memoria geológica, para lo cual se realizaron las siguientes actividades:

- Revisión y restauración de las bases topográfica e hidrográfica a escala 1:25.000, 1:50.000 y 1:100.000.
- Elaboración del mapa fotogeológico preliminar.
- Durante la campaña de campo, los datos geológicos fueron adquiridos a diferentes escalas de mapas (1:25.000, 1:50.000 y 1:100.000), ya que no todo el territorio del Vichada presenta una misma cobertura topográfica, razón por la cual se restauraron las bases topográficas de 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 tomaron como base los mapas fotogeológicos preliminares a escala 1:50.000 y 1:100.000.

- A lo largo de toda el área de estudio, se describieron varios segmentos estratigráficos, los cuales registran normalmente espesores de muy pocos metros, de igual forma en algunos de estos segmentos se lograron reconocer estructuras sedimentarias y, a nivel fotogeológico, se reconocieron lineamientos y rasgos estructurales en algunas capas.
- Se tomaron diversos tipos de muestras de arenas y de lodos, con el fin de realizar estudios de: petrografía, paleontología, granulometría y –para los análisis geoquímico– se tomaron 47 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 amenazas geológicas. Igualmente se elabora los temas correspondientes al patrimonio y a la geología económica.
- Finalmente, se elaboró el informe geológico de la Plancha 273 (Chupabe), 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 273 (Chupabe) 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 273 (Chupabe), que hace parte del llamado Bloque 9, del Servicio Geológico Colombiano, donde se encuentran extensas sabanas naturales interrumpidas por fajas angostas de bosques de galería y por la corriente del río Vichada, Cada y caño Chupabe. Estas características geográficas junto con un sistema de clima tropical, hacen que esta apartada región del país carezca de infraestructuras en diferentes plataformas de desarrollo, como lo son el transporte, la comunicación y otros servicios públicos. Por lo anterior, las precarias condiciones del pueblo vichadense, hacen de esta región del país un territorio de difícil planificación para el desarrollo de trabajos de investigación.

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

1.1 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA

La plancha 273 (Chupabe) está localizada en la parte sur del Bloque 9 o al sur-occidente del municipio de Cumaribo, entre las siguientes coordenadas (Figura 1):

Norte _{1.} = 960.000
Norte _{2.} = 920.000
Este _{1.} = 1'060.000
Este _{2.} = 1'120.000

**Coordenadas origen: Este – Magna Sirgas*

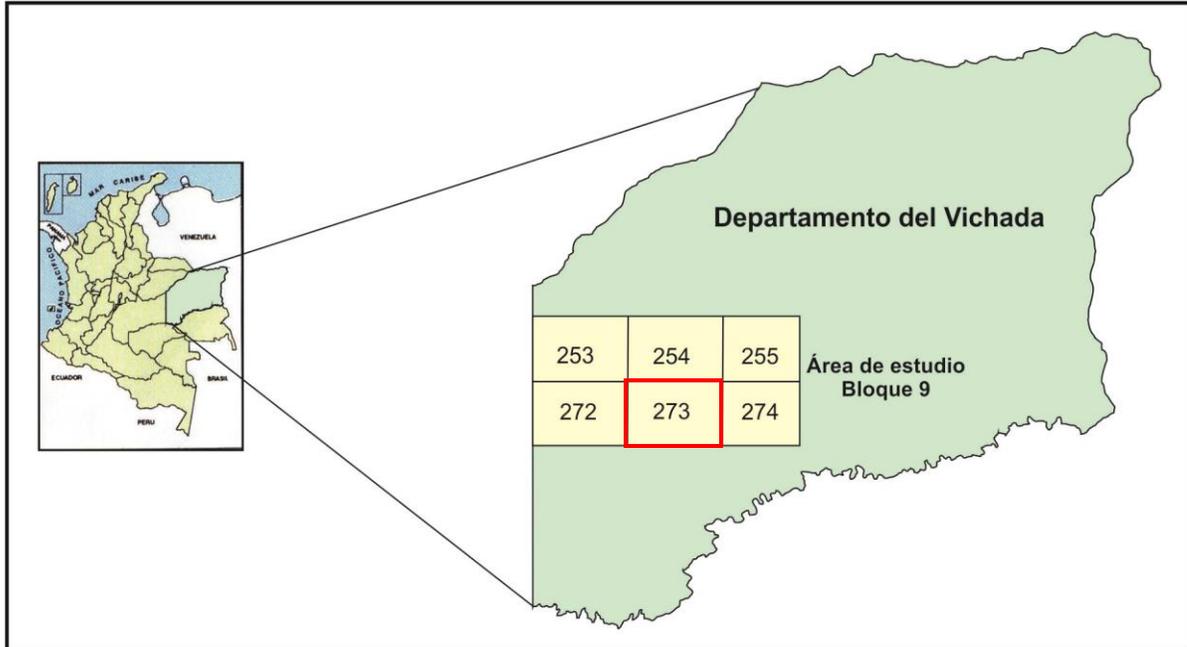


Figura 1. Mapa de localización del Bloque 9 – Plancha 273 (Chupabe). Departamento del Vichada.

Este informe presenta la memoria geológica de la Plancha 273 (Chupabe), la cual hace parte del Bloque 9, que a su vez comprende seis 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 (Km ²)
253	1:100.000	Guacamayas	2 400
254		San José de Ocné	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; vuelo que se realiza los días lunes, miércoles y domingos, con una duración de dos horas. También existen pistas secundarias, localizadas en los caseríos de Las Gaviotas, Guacamayas, San José de Ocné y Puerto Príncipe.

En la Plancha 273 (Chupabe), se encuentra que la principal vía terrestre, que cruza esta zona tiene dirección norte-sur y conecta al caserío de San José de Ocuté con Chupabe y Tienda Nueva. El paso sobre el río Vichada se hace mediante el sistema de ferris (Figura 2)



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

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 carretables que se encuentran en el Bloque 9.

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

1.3 RELIEVE

El relieve de la Plancha 273 (Chupabe), está conformado por terrenos planos a suavemente ondulados, cuyos suelos se componen de sedimentos de arenas friables, como los que se observan hacia el norte y centro de la Plancha 273 y, hacia las laderas de inundación del río Vichada y de los caños Chupabe y Cada, se hallan suelos areno-arcillosos.

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 Confluencia 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 273 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 constituye en el departamento la frontera natural con Venezuela y el río Meta, el cual también limita con este país y con los departamentos de Arauca y Casanare. Al sur se encuentra el río Guaviare que separa a los departamentos de Guainía y Guaviare.

Dentro de la Plancha 273, la red hidrográfica se compone principalmente por: la cuenca del río Vichada, la cual está conformada por numerosos afluentes, entre los cuales se encuentran los caños Sunape, Cholobobo, Tigre, Guerra, Jojore, Inariabe y Cawasi y hacia las regiones sur de la plancha se encuentran que la principal red hídrica la conforma el río Cada y el caño Chupabe y como tributarios de estos están los caños Ucuturu, Docovia, Cawasi y Sinariapo. (Figura 3).

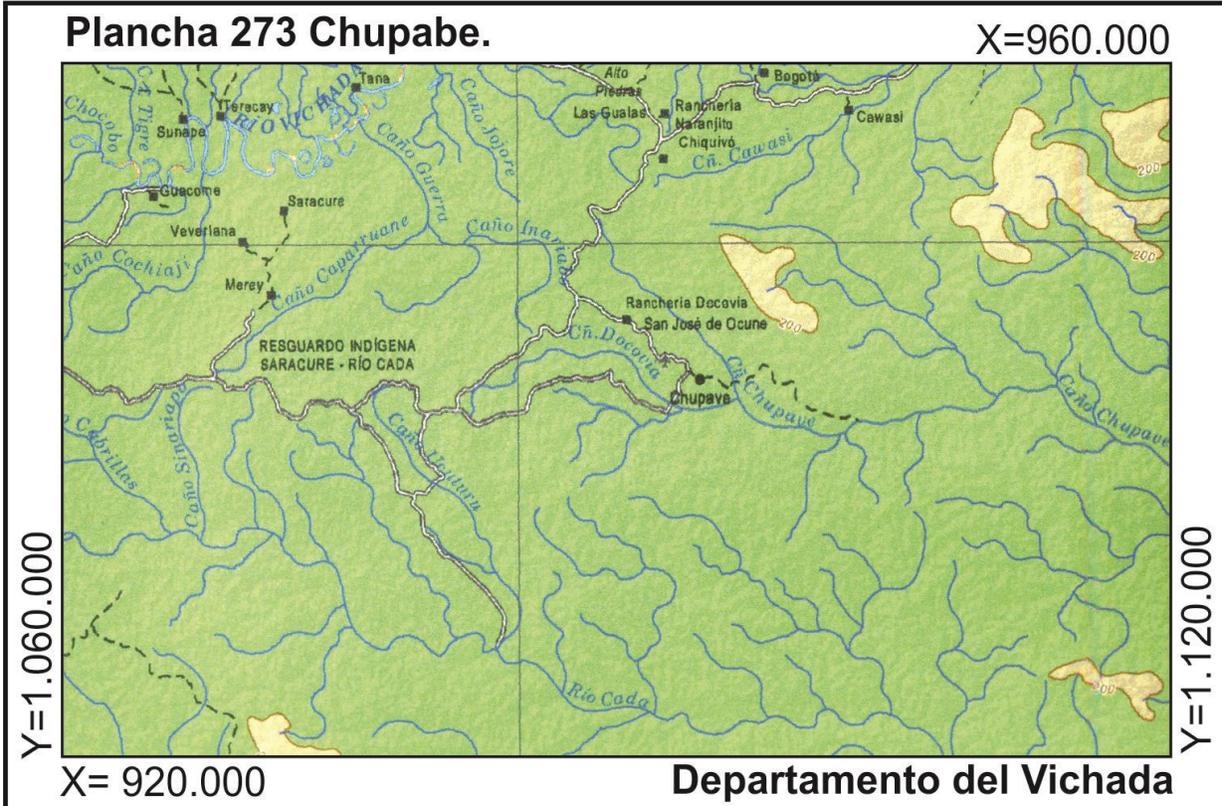


Figura 3. Mapa hidrográfico de la Plancha 273, departamento del Vichada (Tomado del mapa departamental del Vichada, escala 1:500.000. IGAC, 2008).

1.5.1 Río Vichada

El río Vichada, que se forma con la confluencia de los ríos Planas y Tillavá, 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 (entre los que se encuentran los caños Sunape, Cochimí, Guerra, Jojore, Aleba y Cabace), conforman una cuenca con un área aproximada de 25 000 km².

1.5.2 Río Cada

El río Cada ocupa el extremo sur del área de la Plancha 273, nace en el sector de Cada, cruza el área en dirección general NW-SE y es uno de los afluentes principales del río Uva. Tiene una longitud aproximada de 100 km y esporádicamente es navegable por embarcaciones pequeñas (IGAC, 1996).

1.5.3 Caño Chupabe

Ocupa la región central del área de la Plancha 273. Nace en alrededores de Chupabe y recorre parte del departamento del Vichada en dirección NW-SE, desembocando en el Brazo de Amanavén, que es un afluente del río Uva.

1.5.4 Caño Cabace

Este caño se ubica hacia el norte de la Plancha 273. Nace en el sector del resguardo Cabace y lleva una dirección general SW-NE, desembocando en el río Vichada.

1.5.5 Caño Cochimí

Ocupa la parte occidental de la Plancha 273. Presenta una dirección general S-N y presenta una longitud aproximada de 12 km. Desemboca en el río Vichada, en la región de Guacome-Saracure.

1.6 VEGETACIÓN

Hacia la región de la Plancha 273, la vegetación consiste de sabanas tropicales, herbáceas y de grandes extensiones de pastos, los cuales son usados en la ganadería. Contrastando con las regiones del sur donde los suelos son de baja fertilidad, surcados por vallecitos estrechos, propicios para la formación de bosques de galerías y de selva amazónica (CIAT, 2001).

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 poblaciones. Se estima que el 89% de la población del departamento es indígena. Dentro de ella se distinguen ocho 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 273 (Chupabe), ocupan principalmente las llanuras aluviales a orillas de los caños de Chupabe y Cada, y del río Vichada, donde han establecidos los centros urbanos.

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 las poblaciones de Cumaribo, El Viento y Tres Matas, 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, 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, maíz, maíz y arroz.

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

2. METODOLOGÍA

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

- Revisión y diagnóstico de la información geológica, cartográfica y topográfica.
- Elaboración del programa de socialización en el área del proyecto.
- Restauración de la base hidrográfica y topográfica a escala 1:25.000.
- Interpretación de las imágenes satelitales de tipo Espacio-mapa 273 (Chupabe), de fotografías aéreas del IGAC y de la imagen de radar ALOS-PALSAR.
- Planificación y desarrollo del trabajo de campo.
- Recopilación de los datos de campo y selección de las diferentes muestras de rocas y de sedimentos.
- Elaboración de informes geológicos preliminares, mapas geológicos y geomorfológicos para cada una de las planchas en mención.
- Elaboración de la memoria geológica final con sus respectivos mapas y anexos, tanto en medio físico como digital.

2.1 REVISIÓN Y DIAGNÓSTICO DE LA INFORMACIÓN

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

Posteriormente, y a la par del avance del proyecto, fueron consultadas nuevas fuentes bibliográficas disponibles del departamento del Vichada. Entre los temas de interés se consultó la información geológica, cartográfica, topográfica, 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, ECOPEPETROL. Entre los estudios geológicos consultados están los siguientes:

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

Goosen (1971), quien 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 brevemente la 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 de los 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 recientes depósitos 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. Partiendo de los registros sísmicos, de pozos y con datos de campo; estos autores determinan el estilo estructural, estratigráfico y el marco histórico de estas cuencas desde el período Cretácico al Terciario superior.

Galvis & Perilla (2001), realizaron el estudio “Aspectos geológicos del noreste 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 se generó la cartografía geológica a escala 1:500.000 del oriente colombiano. Este trabajo permitió identificar 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) realizaron diferentes estudios en las regiones de los Llanos Orientales y en la Orinoquía colombiana. Entre los trabajos de interés publicados se consultaron las siguientes títulos:

- Nuevos elementos conceptuales para la clasificación fisiográfica del terreno. Comisión Colombiana del Espacio – CCE. Análisis Geográficos n.º 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 vago y de índole regional. Este cubrimiento se circunscribe básicamente a mapas temáticos y regionales; entre los mapas de interés que se encontraron están los siguientes:

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

2.1.3 Información topográfica

La información topográfica de la zona de trabajo proviene principalmente de la Plancha 273 (Chupabe) a escala 1:100.000. También se encuentran las planchas topográficas a escala 1:50.000, aunque de manera incompleta, ya que algunas planchas carecen de curvas de nivel y de la red hidrográfica. En cuanto a la información de mapas topográficos a escala 1:25.000, estos son inexistentes. Por lo anterior, se realizó la actualización de la base topográfica e hidrográfica, con el fin de tener mayor control y precisión en la captura de información cartográfica. En la Tabla 3, se presentan las diferentes planchas utilizadas.

Tabla 3. Resumen de la información topográfica.

Tema	Índice	Escala
Espacio-mapa	273 (Chupabe)	1:100.000 IGAC
Carta General	273 (Chupabe)	1:100.000 IGAC
Mapas Topográficos	273 (I-II-III-IV)	1:50.000 IGAC
Mapas Topográficos	273 I (A-B-C-D) 273 II (A-B-C-D) 273 III (A-B-C-D) 273 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 273, 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 1:50.000 y 1:100.000 del área (Anexo H y J), en donde se presentan las diferentes unidades fotogeológicas interpretadas como depósitos areno-arcillosos, eólicos, aluviales y depósitos de llanuras de inundación.

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

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

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

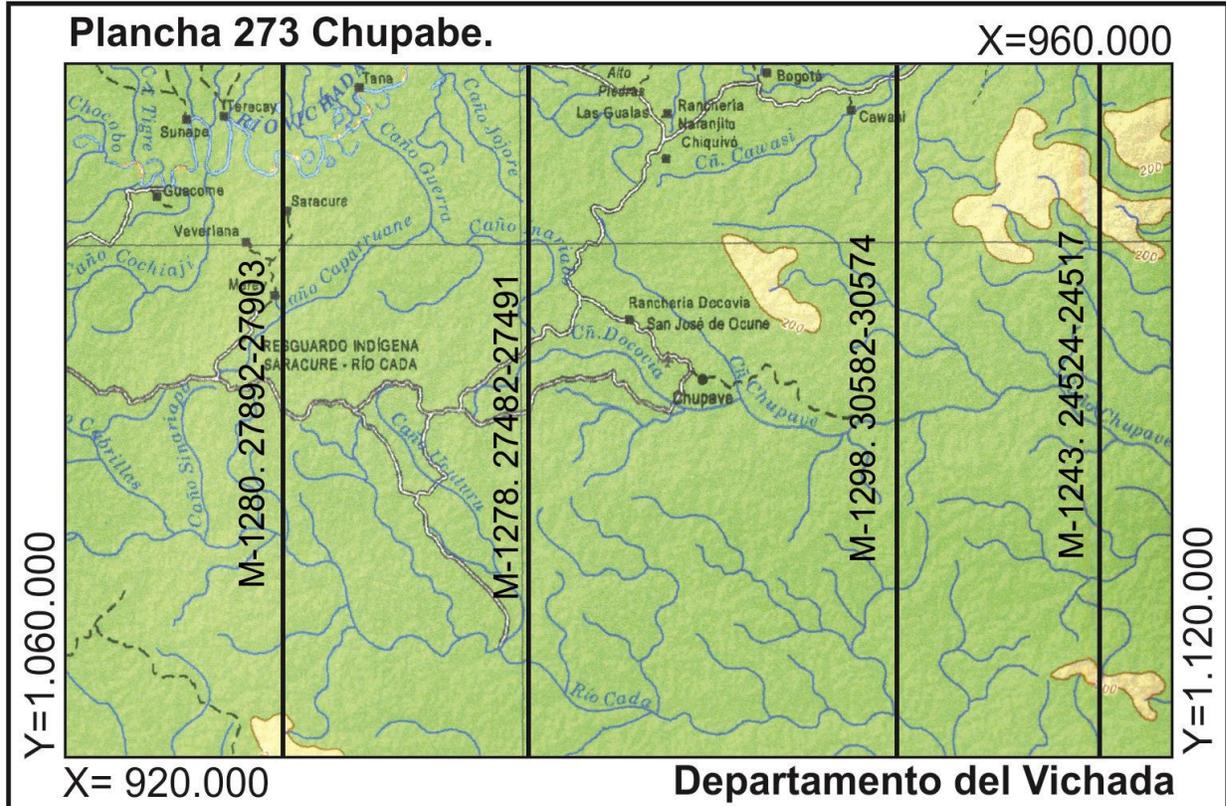


Figura 4. Mapa de ubicación de las fotografías aéreas usadas para la elaboración del mapa fotogeológico. (Tomado del mapa departamental del Vichada, escala 1:500.000. IGAC, 2008).

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 y militares 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.), donde se socializó el proyecto en lenguas sikuani, piapoco y español.
- Se visitó a las diferentes localidades del Bloque 9, para los permisos y los acompañamientos por parte de las personas de cada uno de estos poblados. 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 indígena, permitieron establecer buenas relaciones para futuros trabajos, como en los sectores de Cumaribo, Guanape, Tres Matas, Puerto Lindo, 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.) y se donaron sueros antiofídicos a las comunidades de Cumaribo y zonas aledañas. Este curso fue dictado por Doctor Juan Manuel Rengifo y el Taita Martin Tenganá.
- Se entregaron kits escolares para más de 300 niños que estudian en los colegios de los diferentes internados del municipio de Cumaribo y algunos cabildos. Igualmente se donaron diversos insumos a la comunidad como: plantas eléctricas, alimentos, semovientes, medicamentos y combustible, entre otros. En los documentos que se anexan para esta verificación se entregan copias de las diferentes actas firmadas por los dirigentes y líderes de algunas de las comunidades indígenas.
- Se contrataron personas de la región, líderes comunales y algunos capitanes indígenas de las comunidades Sikuanes y Piapocos, y a personas desempleadas. Asimismo, todo el servicio de transporte (lanchas, bongos, motocicletas, carros etc.), fue contratado en la zona de trabajo.
- Con las comunidades indígenas, se establecieron ciertos compromisos como: no transitar por aquellos territorios sin los permisos oficiales. No se efectuaron trochas adicionales a las existentes y todas aquellas zonas que se

consideran como sagradas por parte de estas comunidades, no se tocaron sobre todo zonas localizadas en la parte sureste del Bloque 9.



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

2.3 RESULTADOS DEL TRABAJO DE CAMPO

En la Plancha 273 (Chupabe), El total de estaciones geológicas y de muestras colectadas durante las campañas de campo se presentan en la Tabla 5, las cuales están descritas en las libretas de campo (Anexo G) y en los mapas de campo (Anexo I)

Tabla 5. Estaciones geológicas y muestras colectadas en la plancha 273 –Chupabe.

Plancha	Estaciones Geológicas	Muestras Colectadas
273 (Chupabe)	169	47

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 8 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 273 (Chupabe), 47 muestras, (Anexo A2), las cuales fueron enviadas a laboratorio para los siguientes análisis:

- Veintinueve muestras para análisis geoquímico, fueron enviadas al laboratorio de Geoquímica del Servicio Geológico Colombiano.
- Cuatro muestras para análisis de palinología, fueron enviadas a: H. Duque, M. Rueda y el Departamento de Ciencias de la Universidad Nacional de Colombia.
- Tres muestras para análisis petrográfico realizado por el petrógrafo R. Llinás
- Cuatro muestras para análisis de granulometría fueron realizadas por Qualità Colombia.
- Las muestras de rocas restantes fueron analizadas por el grupo de geólogos de GEOREXP, utilizando lupas de mano y lupas binoculares del Servicio Geológico Colombiano.

2.3.4 Registro fotográfico

Se tomaron al menos 205 fotografías, las cuales se 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 273 (Chupabe), se utilizaron los siguientes softwares: 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 273, Bloque 9, a escalas 1:100.000 y 1: 50.000 del departamento del Vichada (Anexo B2), se fundamentó en la revisión de la información secundaria e interpretación de las imágenes de satélite y de fotografías aéreas, aplicadas al análisis de las unidades de paisaje del área de estudio, dichas imágenes fueron procesadas con estereoscopios. Esta información se complementó 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 del río Vichada y los caños Cadá, Guarrojo, Guaturia, Cumachabo, Sisipia, Curimayuba y Segua. Sobre estas franjas se encuentran los diferentes cauces o lechos activos que en su conjunto conforman un patrón de drenaje dendrítico y, a veces, meándrico. 2) La extensa llanura aluvial de desborde asociada a los principales ríos y caños como el Vichada, Guarrojo y Cada; los cuales presentan generalmente un relieve bajo y plano, casi siempre inundable. 3) Unidades denudacionales, (que por su composición son en general bien drenadas) las cuales presentan diferentes grados de disección que van desde muy disectadas hasta poco y no disectadas. 4) La altillanura en detritos continentales está representada ampliamente hacia las regiones orientales de la Plancha 273, conformadas por un paisaje de peniplanicie.

Se debe resaltar que, dentro de la unidad de llanuras aluviales, el rasgo principal es la densidad de zonas de bajas 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 cantos de roca de diversos tamaños.

3.2 AMBIENTES MORFOGENÉTICOS

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

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

Para determinar las unidades geomorfológicas presentes en el terreno se empleó el análisis de las imágenes de radar APLSRP 268120060-03, APLSRP 268120060-02, APLSRP 268120060-07, APLSRP 268120060-06, APLSRP 268120060-05 y APLSRP 268120060-04; el espacio-mapa 273 y las fotografías aéreas; S-1243 (24517 – 24531), S-1298 (30574 – 30587), S-1280 (27903 – 27889) y S-1278 (27491 – 27485). En la Figura 6 se pueden ver las imágenes de radar en la parte superior y el mapa geomorfológico (Anexo B2) Plancha 273 (Chupabe), 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).

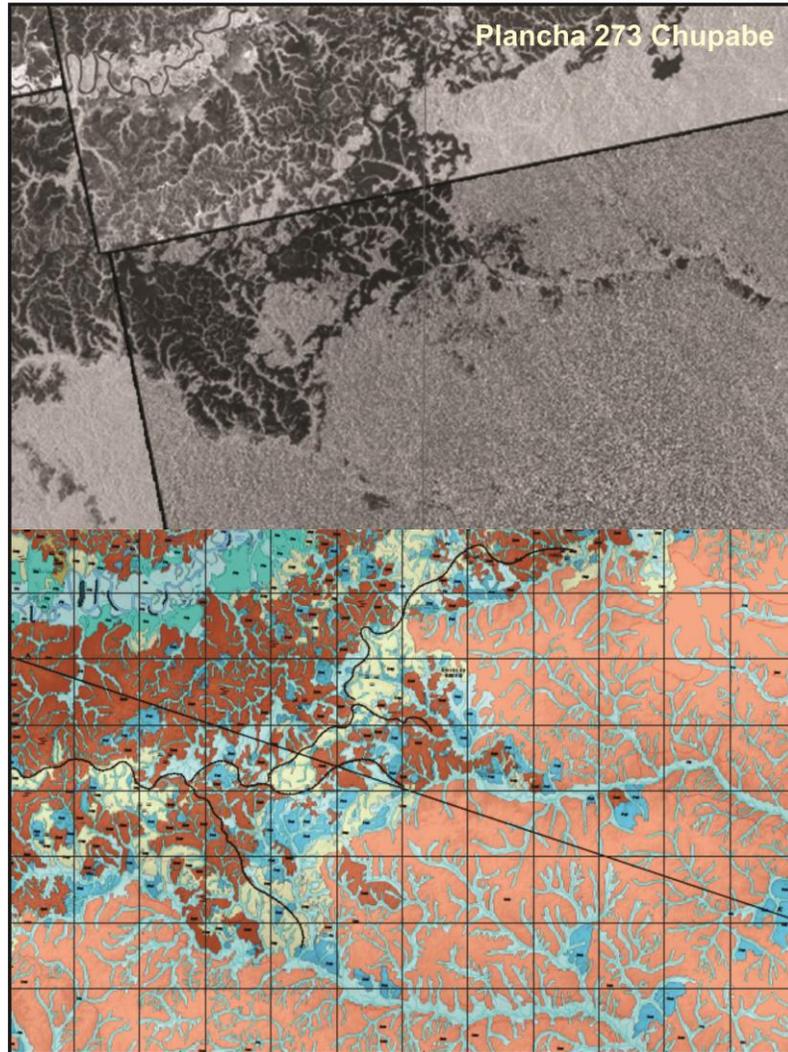


Figura 6. En la parte superior se observa la imagen de radar ALOS-PALSAR correspondientes al área de la 273 (Chupabe) y en la parte inferior se presenta el mapa geomorfológico interpretado en este trabajo.

Para la definición del componente geomorfológico de la Plancha 273, se analizaron los siguientes aspectos:

- **Morfoestructura:** rasgos asociados a la deformación tectónica que incide en el modelado del paisaje. Esta unidad conforma un relieve plano con alturas relativas de hasta 1 m y pendientes que varían entre el 0% y el 15%. Presenta un patrón de drenaje meándrico.
- **Morfogénesis:** corresponde a formas planas de origen fluvial, asociadas a las corrientes actuales, que presentan cauces amplios con desarrollo de

planicies de inundación formadas por el desborde de los ríos y quebradas que anegan la llanura; el agua fluye depositando así cantidades de sedimento fino sobre el suelo del valle, como arenas finas, limos y arcillas diseminadas en la llanura. El patrón de drenaje que caracteriza estas planicies es meándrico.

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

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

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

La aplicación de la geomorfología es de tipo conceptual y radica fundamentalmente en las escalas de trabajo. En este sentido se retoma la jerarquización propuesta por Velásquez (1999), modificando los nombres para darle un sentido estrictamente morfogenético 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 fisiografía 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- la composición, textura y disposición estructural del terreno.

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

Tabla 6. Descripción de las Unidades Geomorfológicas.

Ambientes Morfogenéticos	Unidades Geomorfológicas	Subunidades
Unidades de Origen Fluvial-Aluvial.	Llanuras y Planos de Inundación Fluvial (Fli)	
	Barras Puntuales (Fbp)	
	Paleocauces y Meandros (Fpm)	
	Meandros Abandonados (Fma)	
	Cuencas de Decantación o Planos Inundables (Fcd)	
	Cuenca de Decantación Activa (Fcda)	
	Terrazas Aluviales (Ft)	Terraza Aluviales Baja (Ftb) Terraza Aluviales Alta (Fta)
Unidades de Origen Denudacional.	Altilanura Disectada (Dad)	
	Altilanura Plana (Dap)	
	Altilanura en Detritos Continentales (Dac)	
	Altilanura con Crestas Planas (Dacp)	
	Altilanura en Detritos Continentales (Dac)	
	Sedimentos de Costras de Hierro (DCfe)	
Rasgos Geomorfológicos	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 fluvio-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 con la sabana o llanura aluvial extensa, asociada al río Vichada, y a los caños Chupabe, Cada y otros menores. Son comunes los pequeños valles labrados sobre la altillanura, algunos de los cuales se distinguen en 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 sustentan en sus particularidades sedimentarias relacionadas con las cuencas hidrográficas que se conducen bajo un régimen de clima monomodal, contrastando 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 al río Vichada y a los caños Chupabe y Cada, corresponde a una amplitud variable de la llanura aluvial, según sea su posición en la cuenca (parte alta, media o baja), donde se presentan cauces meándricos muy cortos.

La inundación de estas áreas parece estar circunscrita a las barras, esteros y caños que introducen agua en invierno que no encuentran salida suficiente a cursos permanentes, quedando inundada por largos periodos de tiempo (Cortés, 1983).

Dentro del valle aluvial el cauce activo es el sector que permanece la mayor parte del tiempo inundado y es por el cual discurre el caudal dominante, también es conocido como las partes laterales del cauce.(Figura 7)

Las vegas inundables son comunes en el sistema aluvial del río Vichada y los caños Cada y Chupabe, donde la llanura aluvial presenta geoformas con profundidades de 10 a 15 m aproximadamente. Se visualiza la llanura de inundación en el sector que va de Saracure a Tienda Nueva y en el sector que va del Rincón de Pipirimí hacia el río Vichada, en donde se presentan bosques de galería en sus márgenes



Figura 7. Llanuras de inundación en el sector de la cuenca alta del río Cada. Estación EG-142 Coordenadas 928,044 N; 1,076,887 E; Cota 143 m.s.n.m.

3.2.1.2 Barras puntuales (Fbp)

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

En los cauces por donde discurren los caños Cada y Chupabe, en condiciones de caudal normal, se desarrollan modelados meándricos y sinuosos, en los que se han formado depósitos de arenas con gránulos y restos vegetales, localizados en las partes internas de los meandros (Figura 8).



Figura 8. Margen izquierdo aguas abajo del caño Chupabe. Se observan las barras longitudinales de arena con niveles de vegetación. JRA-004. N: 940,198, E: 1'106,362, Cota: 153 m.s.n.m.

En la desembocadura del caño Ucuturu sobre el caño Cada, se presentan barras de arena de aproximadamente de 5 m de ancho y 60 m de longitud Figura 9.



Figura 9. Desembocadura del caño Ucuturu al río Cada. Donde se presentan barras de arena de aproximadamente 5 m junto al caño. YPS-008. Coordenadas N: 927138; E: 1082063.

3.2.1.3 Paleocauces y meandros (Fpm)

Estas geoformas se presentan en las curvas abiertas o cerradas de los ríos y caños, que evolucionan hasta que pueden quedar inundados en épocas de crecidas y actuar como zona de amortiguación (Velásquez, 1999).

Los valles de fondo plano con cauce meándricos, no sobrepasan los 2 m de profundidad y parecen corresponder a cubetas de inundación o paleocauces mayores generados en climas más húmedos. La cobertura vegetal está compuesta por bosques de galería, mientras que en los interfluvios dominan los herbazales ralos de sabana (Cortés, 1983).

El río Vichada, Cada y caño Chupabe, corresponden a llanuras aluviales, en las cuales se han sobrepuesto y desarrollado depósitos de barras de arenas, meandros y antiguos paleocauces (Figura 10).



Figura 10. Meandro en la margen derecha aguas abajo del caño Chupabe donde se observó geoformas de meandro. JRA-001. Coordenadas N: 939,832; E: 1, 102,139.

3.2.1.4 Meandros abandonados (Fma)

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

Los meandros abandonados en la llanura aluvial del río Vichada, se presentan en la Figura 11, donde el taponamiento de sus extremos tiene lugar por la acumulación del sedimento del propio lecho.

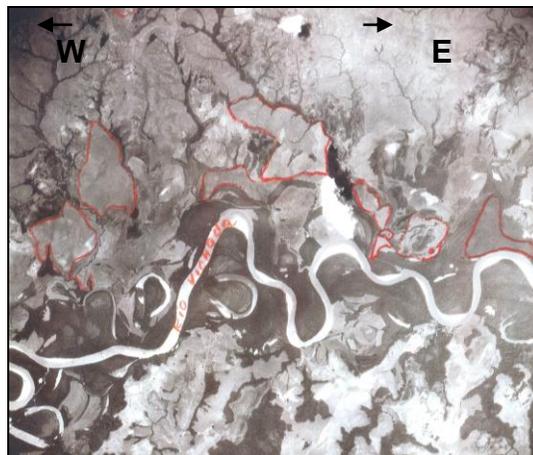


Figura 11. Foto aérea (Vuelo 1280 Numero 27897). Imagen del sistema de meandros en el río Vichada, donde se dan forma de medialunas indicando una escasa pendiente del terreno y también una disminución de su nivel de base.

3.2.1.5 Cuencas de decantación o planos inundables (Fcd)

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

En la Plancha 273, el río Vichada presenta planos inundables susceptibles a inundaciones periódicas u ocasionales. Igualmente, en la desembocadura del caño Ucuturu al río Cada se observaron planos inundables, así como también varios sectores del caño Chupabe (Figura 12).



Figura 12. Desembocadura del caño Ucuturu, en la margen derecha, aguas abajo en el caño Cada. YPS-008-F1. Coordenadas N: 927138; E: 1082063.

3.2.1.6 Cuencas de decantación activas (Fcda)

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

Las cuencas de decantación corresponden a la unidad más sobresaliente del plano inundable, estas unidades se localizan en forma continua hacia las márgenes del río Vichada.

3.2.1.7 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

terrazza 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).

3.2.1.8 Terrazas aluviales altas (Fta)

Las terrazas altas se localizan a ambos lados del plano inundable en forma intermitente y son originadas por repetidos descensos del nivel base de erosión, por ascensos regionales o por incidencia climática global. En todos los casos domina una erosión vertical que conduce a la incisión de la corriente dentro de sus propios sedimentos. No obstante, al acercarse a un nuevo perfil de equilibrio, el cauce se ensancha y se inicia una nueva etapa de sedimentación, quedando arriba los niveles de terrazas y abajo el plano inundable (Velásquez, 1999).

Los escarpes de taludes de terrazas altas se presentan principalmente en las márgenes del río Vichada y Cada.

3.2.1.9 Terrazas aluviales bajas (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).

Las terrazas aluviales se encuentran asociada a las márgenes del río Vichada y del Caño Cada, como producto de la dinámica de erosión y sedimentación de los mismos. Esta unidad está desarrollada como producto de los procesos de entallamiento del río dentro de sus propios sedimentos. Las terrazas bajas se inundan en periodos lluviosos.

3.2.2 Unidades geomorfológicas de origen denudacional

Las unidades de origen denudacional se desarrollan sobre altillanuras, la cuales corresponden a superficies relativamente planas, levantadas 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 Plancha 273 (Chupabe), esta unidad geomorfológica se presenta hacia las regiones del noroeste (Anexo B2 y Figura 13), donde los relieves van de plano a ondulado, conformados por arenas de cuarzo, de color grisáceo con abundantes contenidos de costras ferruginosas.



Figura 13. Panorámica donde se observan altillanuras disectadas conformadas por arenas ferruginosas en fragmentos en su superficie. Vía Saracure - Merci. YPS-029. N= 947333, E= 1069275, Cota= 185 m.s.n.m.

3.2.2.2 Altillanura plana (Dap)

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

Las altillanuras planas se caracterizan por la presencia de formas heredadas o formas residuales frente al proceso de disección actual; por esto se presentan

formas menores de mesas en posición alta, como residuos del desmantelamiento de los bordes por disección.

Estas formas están constituidas principalmente por materiales orgánicos en la superficie, que descansan sobre materiales arcillosos o arenosos, desprovistos de vegetación en su etapa final pero, a medida que avanza el proceso de entallamiento o de disección, se van cubriendo de una vegetación típica de bosques. En esta plancha la unidad actúa como divisoria de cuencas (Anexo B2 y Figura 14).



Figura 14. Panorámica de una altillanura plana conformada por arenas ferruginosas en superficie (Qcf) y por arenas limosas. Vía Saracure - Merci - Tienda Nueva PS-026 N= 951182, E= 1067623, Cota= 164 m.s.n.m.

3.2.2.3 Altillanura con crestas planas (Dacp)

La unidad denominada altillanura con crestas planas es muy limitada dentro de la Plancha 273 (Chupabe). Su interpretación cartográfica se marca hacia el extremo nor-occidental de la plancha, donde la superficie es ligeramente plana y se encuentra entre las altillanuras planas y disectadas.

En inmediaciones del resguardo indígena de Sunape, se evidencia un paisaje de colinas redondeadas de mediana altura, compuestas por costras ferruginosas.

3.2.2.4 Sedimentos de costras de hierro (DCfe)

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

Los materiales de costras férricas se presentan en formas de capas alteradas sobre los relieves planos, ondulados y disectados y generalmente, estas costras ferruginosas forman depósitos dispersos que se acumulan sobre superficies muy locales como en sectores de San José de Ocné al caño Chupabe - Puerto Lindo, de Mereyal a Tienda Nueva. En la Figura 15, se aprecian paisajes conformados por este material.

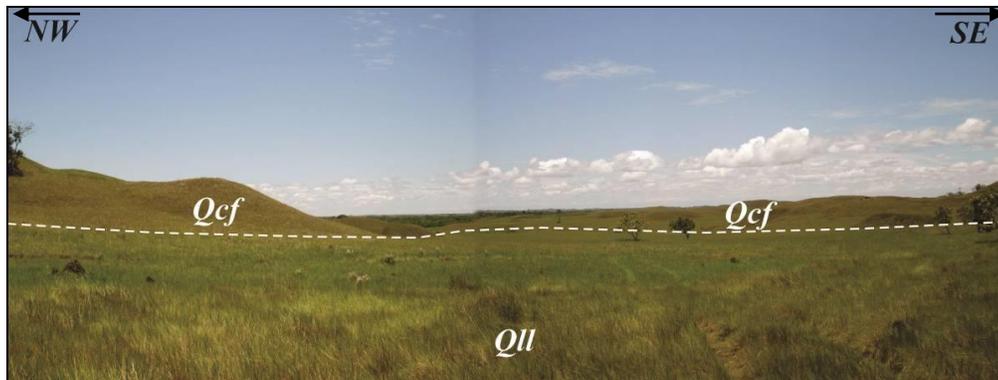


Figura 15. Panorámica en donde se observa colinas de 10 m de altura, correspondientes a las altillanuras disectadas, con valles intermedios los cuales conforman las altillanuras planas. Vía Saracure - Mercí - Tienda Nueva. YPS-027. N= 948584, E= 1068583, Cota= 169 m.s.n.m.

3.2.2.5 Altillanuras en detritos continentales (Dac)

Las altillanuras de detritos continentales corresponden a las tierras altas formadas por sucesivos depósitos de materiales provenientes de la Cordillera Oriental y del Macizo Guayanés. Estas altillanuras han sido localizadas desde el río Tomo hasta los límites con los ríos Guaviare y Orinoco, y están conformadas por paisajes de colinas y pequeñas terrazas. Los ecosistemas representativos para la altillanura son las praderas naturales y –en algunos sectores– los matorrales y en sus diques bosques de galería, morichales, matas de monte, esteros y bosques inundables (Cortés, 1983). Estas altillanuras fueron interpretadas morfológicamente en gran parte de la Plancha 273 (Chupabe).

Algunos de los depósitos arenosos cubren parcialmente los afloramientos graníticos más suaves del Escudo y forman una unidad geomorfo-pedológica, donde alternan afloramientos rocosos y depósitos arenosos recientes con abundantes concreciones y costras ferruginosas.

Los pedimentos desarrollados sobre el escudo Guayanés, están afectados estructuralmente por una red densa de fallas menores, fracturas y diaclasas. Estos lineamientos controlan parcialmente algunos elementos de la red de drenaje del caño Chupabe.

3.2.3 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 muy localizados como depósitos Cuaternarios y actividad eólica.

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

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), las cuales se presentan en las márgenes del río Vichada. También se presenta a lo largo de las "pistas de ganado", y bordes de caminos.

La línea divisoria de aguas de la Plancha 273, se encuentra separando a las cuencas hidrográficas contiguas (la del río Vichada, caño Chupabe, y Cada) (Anexo B2). A cada lado de estas divisorias, las aguas lluvias son recogidas por los ríos de las cuencas o vertientes respectivas.

4. GEOLOGÍA

El objetivo de este proyecto fue elaborar la cartografía geológica y la exploración geoquímica de la Plancha 273 (Chupabe), ubicada en el departamento del Vichada. Así, mediante el levantamiento cartográfico a escala 1:25.000 y 1:50.000, de las unidades de rocas aflorantes, se obtuvo nueva información geológica de; estratigrafía, geología estructural, geoquímica y demás información. A la par del estudio y durante la campaña de campo, se tomaron diferentes tipos de muestras (roca, arenas y arcillolitas) con el objetivo de realizar análisis de petrografía, geoquímica y palinología, con cuyos datos se pudieron precisar ciertas edades y los ambientes de depósito en cada una de las unidades cartografiadas.

En el área de la Plancha 273 (Chupabe) afloran rocas sedimentarias de diferente 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 273; que dio como resultado el esquema cronoestratigráfico que se muestra en la Figura 16.

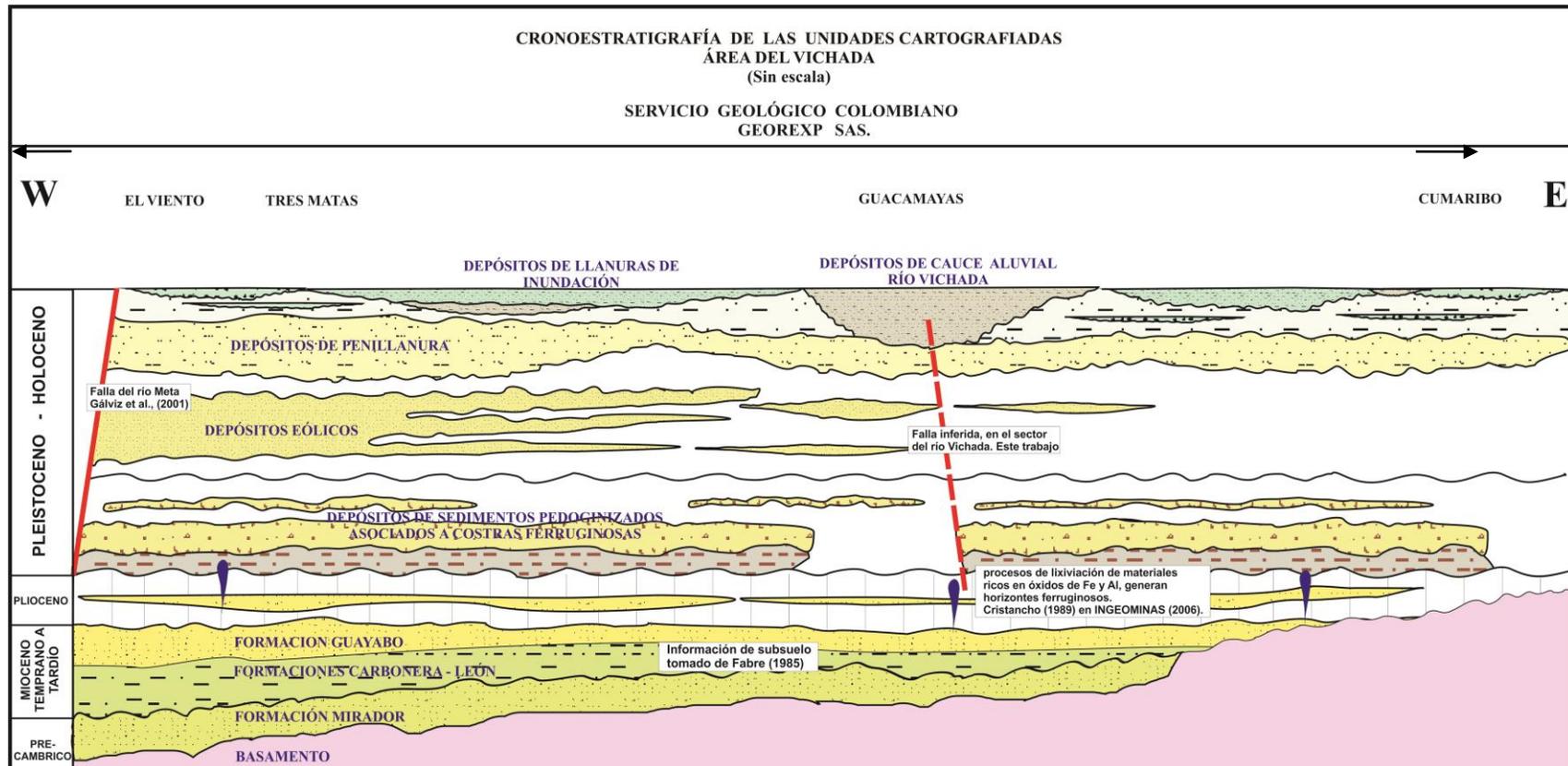


Figura 16. Cuadro esquemático cronoestratigráfico para las unidades cuaternarias identificadas en el Bloque 9 – Plancha 273 (Chupabe). La parte basal (subsuelo) hasta el Mioceno fue tomada y modificada de Fabre, 1985.

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

CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA DE LA PLANCHA 273- CHUPABE. BLOQUE 9. DEPARTAMENTO DEL VICHADA. CUADRO DE CORRELACIÓN DE UNIDADES						
Tomado de la Carta Cronoestratigráfica Internacional 2010.			UNIDADES LITOSTRATIGRÁFICAS			
EDAD	PERÍODO	ÉPOCA				
			Aluviales		Eólicos	
Cenozoico	Cuaternario (Q)	Holoceno	Depósitos de Cauce Aluvial (Qac)	Depósitos de Llanura de Inundación (QII)	Depósitos Eólicos (Qe)	Depósitos de Penillanura Eólica (Qpe)
		Pleistoceno (Superior)				
		Sedimentos Pedogenizados Asociados a Costras Ferruginosas (Qcf)				

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 insinúa que ciertos niveles de sedimentos indiferenciados del Neógeno superior del (Bloque 9), pueden presentar cierto estructuramiento. Esto se evidencia por la presencia de un sistema 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 estructuras fueron inferidas con registro de sísmica.

5. ESTRATIGRAFÍA

La estratigrafía del Bloque 9, departamento del Vichada, Plancha 273 (Chupabe), 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, se establecieron 177 estaciones geológicas y se colectaron 93 muestras sobre el área de la Plancha 273, las cuales fueron seleccionadas para análisis de: petrografía, palinología, geoquímica (Anexo A1, A2 y D). Para la clasificación composicional de areniscas, se utilizó el triángulo de Folk (1974), como puede verse en la Figura 17.

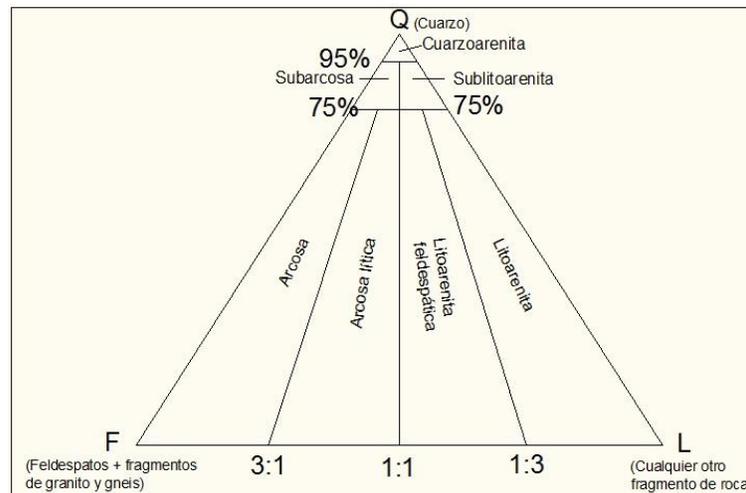


Figura 17. Triángulo de clasificación composicional para areniscas de Folk (1974).

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 8 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 18).

Tabla 8. Segmentos de Columnas estratigráficas levantadas en la Plancha 273.

LEVANTAMIENTO DE COLUMNAS ESTRATIGRÁFICAS			
N.º Plancha	N.º Estación	Unidad Estratigráfica	Espesor (m)
273	HDM-033	Qpe/Qcf	4
273	HDM-021	QII	4
273	YPS-024	Qpe	5
273	EG-125	Qac/QII	4
273	EG-056	Qcf	10
273	YPS-012	Qcf	4
273	JRA-01	Qac	4
273	JRA-034	QII	4

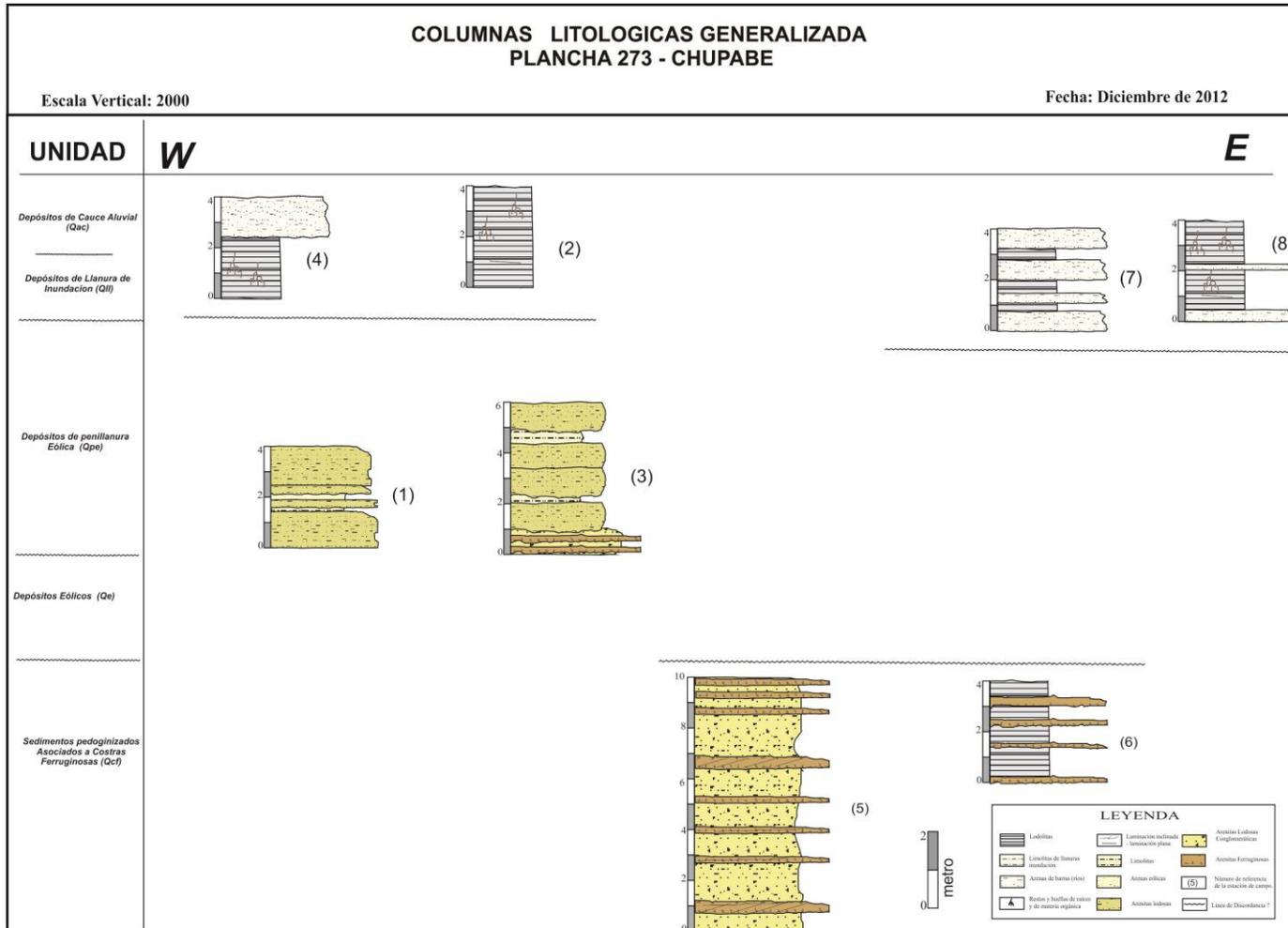


Figura 18. Columnas litológicas generalizadas de la plancha 273. Los números corresponden a las estaciones de campo de: (1) HM-033, (2) HM-021, (3) YPS-024, (4) EG-125/217, (5) EG-056, (6) YPS-012, (7) JRA-01 y (8) JRA-034.

5.1 CUATERNARIO: PLEISTOCENO SUPERIOR

El Cuaternario está representado por diversos depósitos sedimentarios, los cuales fueron agrupados dentro del área de estudio según su origen y localización. Generalmente, estos depósitos representan unidades de origen fluvial y aluvial, 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 localizada en las inmediaciones del caño Dume y está conformada por niveles de arenas, correlacionables con la Formación Corneta de Mora *et al.* (2010) y con la Formación Necesidad de Schubert (1997).

Unidad de Sedimentos asociados a costras ferruginosas (Qcf)

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

Localización

Las rocas de esta unidad se encuentran aflorando en gran parte de la Plancha 273 (Chupabe), como en los sectores cercanos al río Vichada. También se encuentra en cercanías al caño Cada, Chupabe, Sinariapo, Cochimi, Ucuturu, Guerra, Cocopiney, Jojore, Saracure, Aleba y Cabace.

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 la Plancha 273, se encuentra que los segmentos inferiores de la unidad Qcf están conformados por depósitos de arcillolitas y arenitas de grano fino a grueso, hasta arenitas conglomeráticas (gránulos) con cemento ferruginoso. También se presentan intercalaciones de limolitas ferruginosas y –hacia el tope de estos depósitos– se encuentran niveles de arenitas ferruginosas formando costras arriñonadas dispuestas en capas estratificadas planas, onduladas a

inclinadas y en muchos casos, estos sedimentos forman gravillas que tapizan el depósito o el suelo (Figura 19).

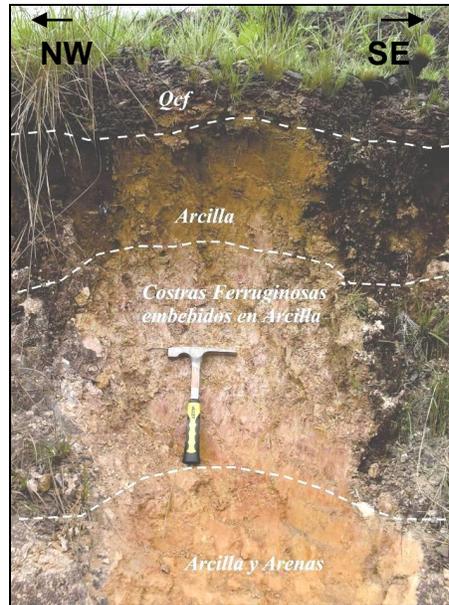


Figura 19. Sector de la comunidad Loma del Arenal. En la base se presentan capas arcillas con arenas muy finas, seguido de costras ferruginosas embebidas entre arcillas, de tonalidad amarillenta, las cuales están cubiertas por costras ferruginosas en superficie. YPS-012. Coordenadas N= 945252, E= 1089613, Cota= 201 m.s.n.m.

En el sector del caño Chupabe, se observa que los segmentos inferiores de la unidad Qcf se conforma por capas medias a gruesas de arenisca, de color blanco y rojizas, de grano fino a muy fino, subredondeados; intercaladas con capas finas de lodolitas arenosas, de colores blanco a rojo de alteración, con estratificación cruzada a ondulada (Figura 20)

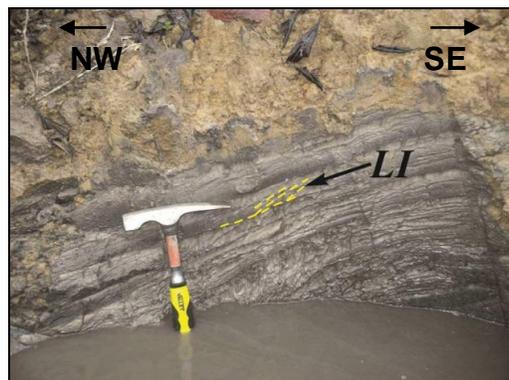


Figura 20. Depósitos de lodo y arena muy fina con laminación cruzada en capas de 2 a 4 cm de espesor. Margen del caño Chupabe. JRA003. Coordenadas N= 939847, E= 1104993, Cota= 154 m.s.n.m.

En el sector de Tienda Nueva, se presentan escarpes de la unidad Qcf (Figura 21), en cuya parte inferior se notan capas de arenas blancas de grano fino, redondeadas, bien seleccionadas y friables. Hacia la parte superior, se encuentran niveles de costras ferruginosas de 20 cm de espesor, separadas por sedimentos limo-arenosos, conformados por arenas de cuarzo de grano fino a medio, de color gris, mal seleccionadas y con guijos flotantes de arenitas.



Figura 21. En la imagen izquierda se presentan capas gruesas de arenas blancas de grano fino, con cemento ferruginoso. La imagen de derecha se detalla la parte superior del afloramiento anterior, con presencia de niveles de costras ferruginosas separadas por sedimentos areno-lodoso. EG-125 Coordenadas: 940266 N; 1071033 E; 207 m. Azimut 20°.

La parte superior de esta unidad se observó en sitios como Caño Culebra, ubicado hacia la parte suroccidente de la Plancha 273. En este sector la unidad se forma de material sedimentario conglomerático de color pardo rojizo, con gránulos a guijarros angulares, flotando dentro de una matriz de arenas finas. En el caño Manouba también se observaron arenas de costras ferruginosas, con fragmentos angulares de entre 1 a 5 cm de diámetro. Los fragmentos se encuentran dentro de una matriz arenosa de color café oscuro de tamaño muy fino, de los cuales algunos fragmentos presentan restos de tallos petrificados (Xilópalos) (Figura 22).



Figura 22. Costras ferruginosas de fragmentos angulares dentro de una matriz arenosa fina. En algunos fragmentos se presentan restos vegetación petrificada (Xilópalos). HDM034. Coordenadas N: 940.769 E: 1073.224.

Generalmente, esta unidad se encuentra conformando sistemas de colinas, donde se acumularon bloques y gravas sueltas, cuyas rocas han sido formadas como producto de diferentes procesos de erosión tanto mecánica como química (Figura 23).



Figura 23. Morfología de colinas con valles amplios en forma de U y cimas alargadas. Estas colinas presentan costras ferruginosas en fragmentos (Qcf) en su superficie. Vía Saracure – Mercí. YPS-029. Coordenadas N: 947333, E: 1069275

En la Unidad Qcf se tomaron 17 muestras en total (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		
HDM-009	273-I	959,186	1'086,901	5,004,741	HDM-009-P
HDM-015	273-I	953,902	1,078,625	5,004,186	HDM-015-P
HDM-032	273-I	947,656	1,074,361	5,004,185	HDM-032-P2
HDM-034	273-I	940,769	1,073,224	5,004,745	HDM-034-P
HDM-036	273-I	939,839	1,074,139	5,004,746	HDM-036-P
EG-070	273-II	942,070	1,098,019	5,004,729	EG-070-P
				5,004,730	EG-070-Macro
EG-115	273-III	935,797	1,077,319	5,004,178	EG-115-G
				5,004,731	EG-115-Macro
				5,004,732	EG-115-Gran
EG-124	273-I	941,017	1,071,843	5,003,986	EG-124-A-P;
				5,004,070	EG-124-B-P
YPS-012	273-I	945,252	1,089,613	5,004,734	YPS-012-P1
YPS-014	273-I	942,351	1,086,341	5,004,735	YPS-014
				5,004,736	YPS-014-P1
YPS-015	273-I	942,058	1,088,407	5,004,737	YPS-015-P1
				5,004,738	YPS-015-P2
YPS-024	273-I	952,706	1,083,308	5,004,182	YPS-024-P3
				5,004,739	YPS-024-P4
YPS-028	273-I	947,789	1,068,953	5,004,740	YPS-028-P1,
				5,004,741	YPS-028-P2
JRA-004	273-II	940,198	1,106,362	5,004,733	JRA-004-P
JRA-009	273-II	941,469	1,111,785	5,004,079	JRA-009-MP
JRA-011	273-II	941,760	1,112,968	5,004,179	JRA-011-P
JRA-013	273-IV	939,383	1,115,671	5,004,063	JRA-013-MP

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

Análisis con lupa binocular: Este análisis se realizó a seis muestras (Tabla 10), lo que permitió detallar la textura, composición y porcentajes de minerales; esta clasificación de rocas se basó en Folk (1974) y en la Figura 24 se observan la clasificación grafica de dichas muestras.

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

Muestra	IGM	Composición			Clasificación Composicional Folk (1974)	Plancha
		Cuarzo	Feldespatos	Líticos		
EG 070	5,004,730	92	0	8	Sublitoarenita	273
EG 115	5,004,731	97	0	3	Arena Cuarzosa	
HDM 009	5,004,741	90	0	10	Sublitoarenita	
HDM 034	5,004,745	85	0	15	Sublitoarenita	
JRA 004P	5,004,733	90	0	10	Sublitoarenita	
YPS 015P1	5,004,737	90	0	10	Sublitoarenita	
YPS 024P4	5,004,739	90	0	7	Arena Sublítica	
YPS 028P1	5,004,740	93	0	7	Sublitoarenita	
YPS 028P2	5,004,741	58	40	2	Arcillas Arcosica	

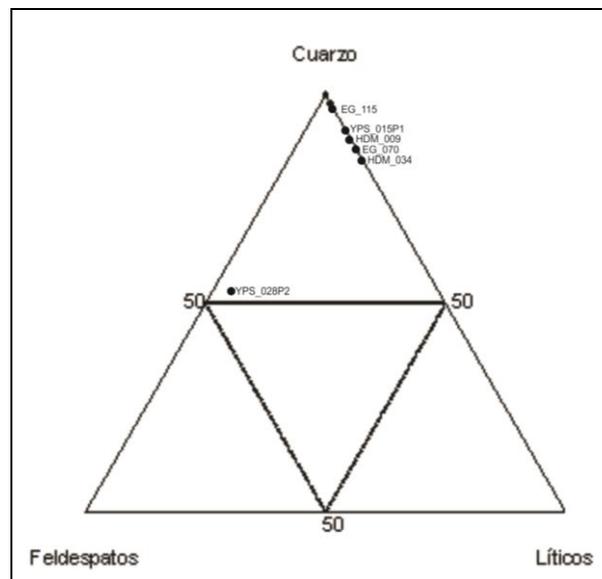


Figura 24. Triángulo de clasificación de (Folk, 1974), en el cual las muestras analizadas se ubican en los campos de las cuarzoarenitas, sublitoarenitas y de las arcosas.

Análisis Petrográfico: Este estudio fue realizado a 3 muestras (Tabla 11) que se describen brevemente en esta sección.

Tabla 11. Muestras analizadas petrográficamente para la Unidad Qcf.

Muestra	IGM	Plancha	Coordenadas	
			N	E
YPS-014-P	5,004,735	273-I	942,351	1,086,341
YPS-014-P1	5,004,736	273-I	942,351	1,086,341
EG-070	5,004,729	273-II	942,070	1'098,019

A continuación se presenta los resultados petrográficos realizados a las muestras seleccionadas:

Muestra YPS-14 P IGM 5,004,735.

Cuarzoarenita ferruginosa de grano muy fino

Roca matriz soportada con esqueleto supermaduro a base de granos subangulares a subredondeados, únicamente de cuarzo con una pobre selección donde los granos varían de tamaño limo a arena gruesa (0.03 - 072 mm) donde predominan los tamaños arena fina a muy fina cementados por abundante hematita.

La porosidad que presenta es muy escasa, de tipo secundario, por disolución parcial de la hematita. Se observa una especie de láminas discontinuas o venas de hematita (Figura 25).

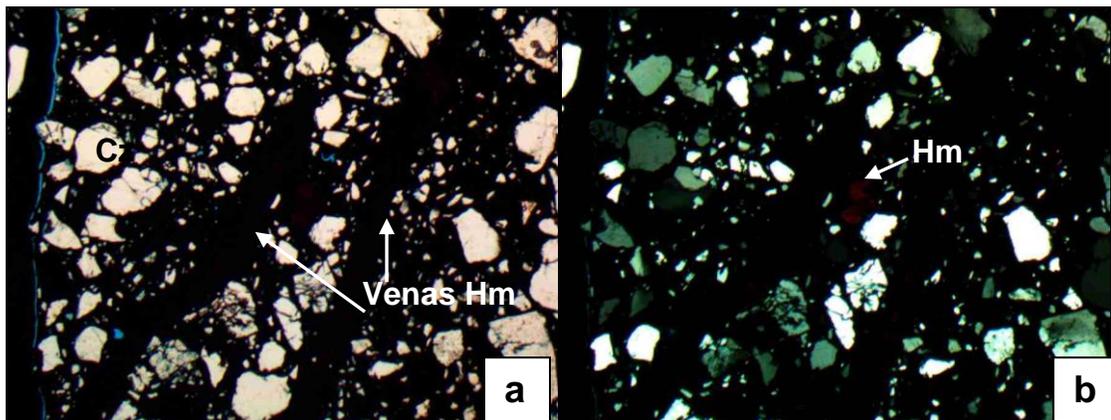


Figura 25. a. Nicoles paralelos. Clastos de cuarzo, con pobre selección. Se observan dos venas de hematita? b. Nicoles cruzados. Se observan cuarzoes monocristalinos principalmente. Muestra YPS 014.

Muestra YPS-014P1 IGM 5,004,736.

Litoarenita ferruginosa de grano medio conglomerática

Roca compuesta principalmente por un esqueleto super maduro, a base de granos de cuarzo y fragmentos líticos (como cuarcitas, cuarzo de veta, cuarzo-arenitas de grano muy fino, limolitas y lodolitas cuarzosas y ferruginosas) y –en menor proporción– chert. La selección es muy pobre, con granos que varían en tamaño desde limo hasta guijas finas (6 mm), con predominio del grano arena media. En esta muestra se puede apreciar el fracturamiento interno de los granos descritos en las muestras anteriores, pero en menor porcentaje (Figura 26).

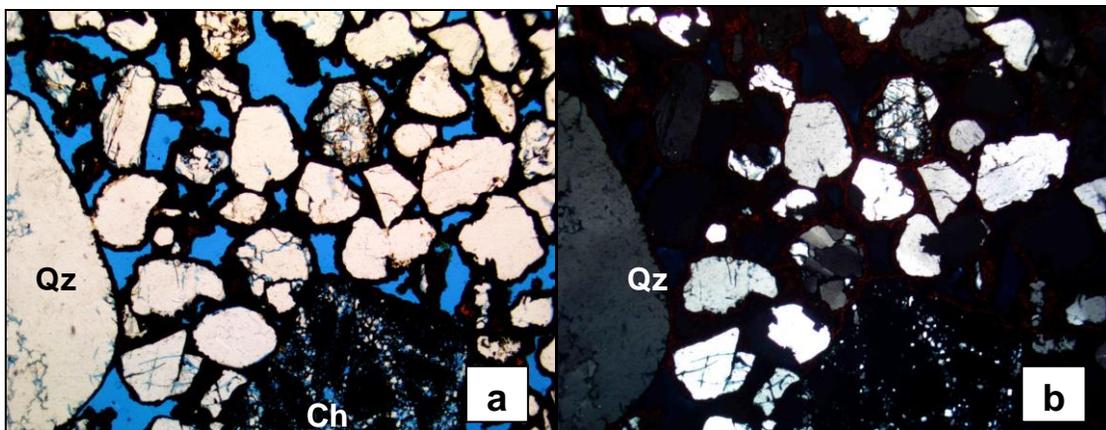


Figura 26. a. Nicoles paralelos. Se observan clastos de cuarzo (Qz), con escasos fragmentos líticos y un fragmento de chert (Ch). **b.** Nicoles cruzados.

Muestra EG-O70 IGM 5,004,729.

Sublitoarenita ferruginosa de grano fino

Roca compuesta por un esqueleto maduro, con grano clasto-soportado con una base de granos de cuarzo y baja proporción de fragmentos líticos ricos en cuarzo incluyendo cuarcitas, limolitas y lodolitas silíceas. La selección es moderada, con granos que varían entre el tamaño limo y arena de grano medio (más escasos), con predominio de los tamaños arena fina (Figura 27).

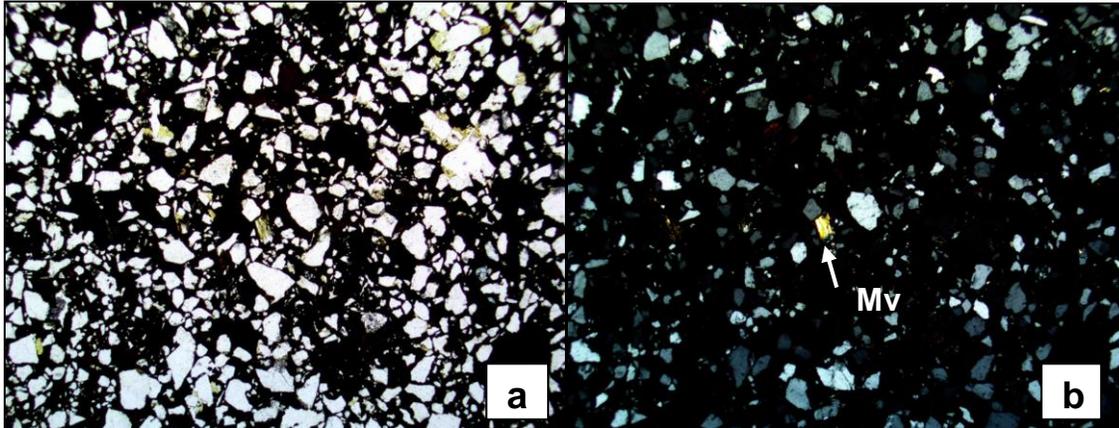


Figura 27. Sublitoarenita ferruginosa. **a.** Se observan clastos de tamaño arena muy fina, compuestos por cuarzo principalmente. **b.** Se observa una mica moscovita (Mv) a manera de traza.

Contactos

En el área de la Plancha 273, el contacto inferior de esta unidad con las unidades infrayacentes es indeterminado. El contacto con la unidad suprayacente Qpe es erosivo y –en ocasiones– transicional. Estos contactos fueron determinados a través de trabajo de campo y de fotointerpretación.

Extensión

En la Plancha 273, la Unidad Qcf presenta una extensión aproximada de 1800 km², cuyos espesores son indeterminables debido a las diversas formas de parches discontinuos y aislados que presenta la unidad, como se observa en los sectores del caño Chupabe, Tienda Nueva y al sur del río Vichada (Figura 28)

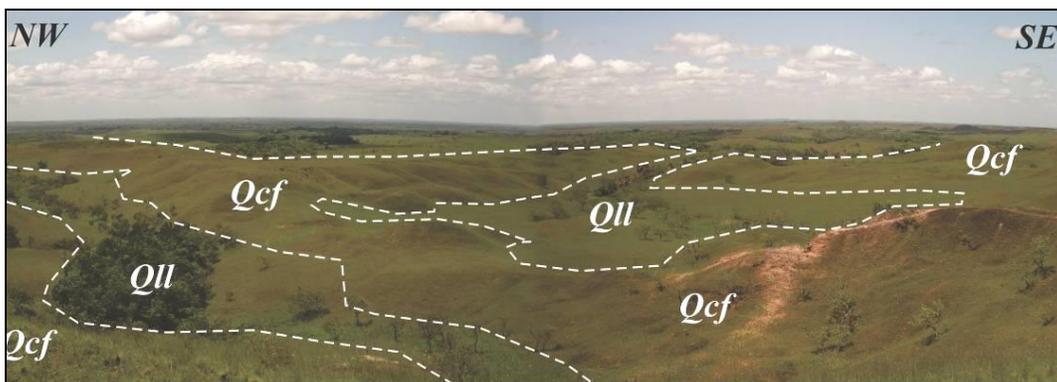


Figura 28. Panorámica donde se observa colinas de costras ferruginosas (Qcf) con presencia de arena fina y limo hacia los valles (Qll). YPS-031. N= 943579, E= 1066414, Cota= 209 m.s.n.m.

Correlación

Para determinar 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. Esta conclusión también se sustenta en los datos de palinología de las muestras EG-124, JRA-009 y JRA-013 de la Plancha 273, las cuales 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) –no aflora dentro de la Plancha 273– y Depósitos de penillanura eólica (Qpe) y –dentro de los depósitos aluviales que ha originado el río Vichada– se encuentran los Depósitos de cauce aluvial (Qac) y los Depósitos de llanuras de inundación (QII).

5.2.1 Depósitos de penillanura eólica (Qpe)

INGEOMINAS (2010), en desarrollo de los proyectos geológicos del Vichada, ha definido que los depósitos no consolidados de arenas de cuarzo con matriz de lodo, sean nombrados como “Depósitos de penillanura eólicos (Qp y Qpe)”, definición que se adapta para el conjunto de sedimentos que afloran a lo largo de las extensas sabanas de la Plancha 273, las cuales 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 encuentran con restos de suelo.

Localización

Los depósitos pertenecientes a esta unidad, se encuentran cubriendo pequeñas partes del norte y noroeste de la Plancha 273, y afloran en los sectores conocidos como Naranjito Chiquivo, Basiria, comunidad San Vicente, en inmediaciones del río Vichada, en Sunape, Tienda Nueva y en el sitio caño Culebra.

Descripción

Generalmente, esta unidad conforma extensos depósitos inconsolidados de capas horizontales de arenas de cuarzo, de tamaño muy fino a medio, de color amarillo a marrón, con matriz limo-arcillosa, con granos subangulares a subredondeados, de selección moderada, generalmente son friables y en ocasiones son amalgamadas por el contenido de suelos, también con materia orgánica y ocasionalmente huellas de bioturbación (Figura 29).



Figura 29. Terreno llano conformado por arenas de grano fino de la, de color rojo unidad Qpe, infrayacidas por niveles de costras ferruginosas. YPS-024. Coordenadas N= 952706, E= 1083308, Cota= 162 m.s.n.m.

Hacia la base de esta unidad se presentan capas gruesas de arenas friables de grano fino, de color amarillo, sin cementar, formando estratos planos que dan una topografía horizontal levemente ondulada con pendientes de 1 y 3 %. En la parte superior de estos segmentos, se encuentran capas medias de arenas de cuarzo de grano fino, con matriz arcillosa del 1 al 3%. También se encuentran fragmentos líticos y óxidos de hierro, y mezcla de materia orgánica. Los depósitos de esta unidad están conformando –por lo general– las ligeras ondulaciones de las grandes sabanas (Figura 30).



Figura 30. En la vía que va de San José de Ocné – Chupabe, se presentan arenas finas inconsolidadas, con matriz de arcilla. HDM-020. Coordenadas: 949531 N; 1086948 E; 184 m.

En la Unidad Qpe se colectaron 7 muestras de sedimentos (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-010	273-I	958,323	1,089,688	5,004,005	HDM-010-S
HDM-020	273-I	949,531	1,086,948	5,004,007	HDM-020-S
HDM-023	273-I	957,659	1,082,566	5,004,010	HDM-023-S
HDM-024	273-I	947,005	1,086,183	5,004,743 5,004,744	HDM-024-Macro HDM-024-Gran
HDM-033	273-I	942,019	1,067,981	5,004,184 5,004,187	HDM-033-P1 HDM-033-P3
YPS-024	273-I	952,706	1,083,308	5,004,066 5,004,181 5,004,183	YPS-024-P1 YPS-024-P2 YPS-024-P5
VEA-047	273-I	941,867	1,060,015	5,004,042	VEA- 047-G

Dentro de los análisis realizados a las muestras enumeradas anteriormente, se realizaron estudios petrográficos y geoquímicos, entre los cuales se tienen:

Análisis con lupa binocular: Este estudio se realizó a una muestra (Tabla 13), lo que permitió detallar textura, composición y porcentajes de minerales. Para esta clasificación de rocas se usó a Folk (1974) y en la Figura 31, se observan la clasificación grafica de dichas muestras.

Tabla 13. Muestra analizada en lupa binocular para la Unidad Qpe.

Muestra	IGM	Composición			Clasificación Composicional Folk (1974)	Plancha
		Cuarzo	Feldespatos	Líticos		
HDM 024	5,004,743	90	0	6	Arena Sublítica	273

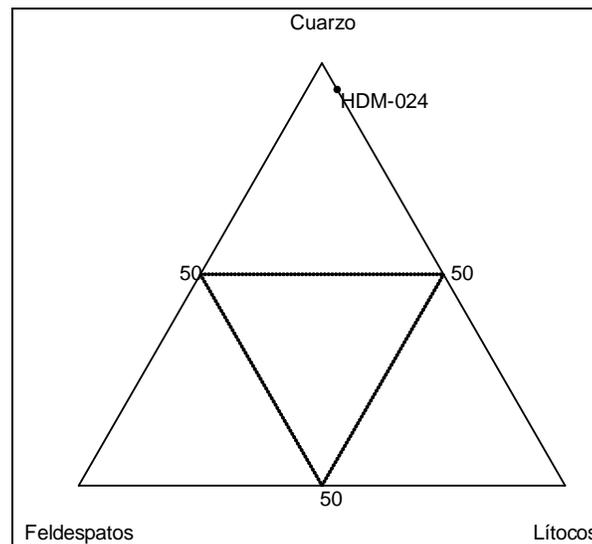


Figura 31. Triángulo de clasificación de (Folk, 1974), donde las muestras analizadas de la Unidad Qpe, se ubican en el campo de las sublitoarenitas.

Contactos

En el área de la Plancha 273, los Depósitos de penillanura eólica (Qpe) presentan un contacto transicional con la unidad infrayacente Qcf y, con las unidades suprayacentes de los depósitos aluviales Qal y Qll. Estos contactos fueron determinados mediante la observación de campo y también fueron inferidos del estudio de fotointerpretación.

Extensión

Los depósitos de esta unidad se extienden por la Plancha 273, abarcando un área media de 300 km², con unos espesores del orden de 4 a 8 m.

Correlación

Esta unidad Qpe que se ha mencionado en este proyecto como “Depósitos de Penillanura Eólica”, es correlacionable con los “Depósitos de penillanura eólicos (Qpe y Qp)”, descritos por INGEOMINAS (2010), en proyectos de cartografía geológica en la región Vichada.

Edad

Para este depósito se ha reportado una edad Pleistoceno superior a Holoceno, por posición estratigráfica y por análisis palinológicos (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 el reporte de palinología que se encuentra en el Anexo D3.

5.2.2 Depósitos aluviales

Con el trabajo de campo y con el análisis de las fotografías aéreas, se identificaron dos tipos de depósitos aluviales: Llanuras de inundación (QII) y los 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 273 (Chupabe), donde los depósitos aluviales se encuentran relacionados a los diferentes ríos que drenan y descargan su caudal a la llanura de la Orinoquía. Los depósitos de este tipo se encuentran en alrededores del río Vichada y Cada, y en los caños Chupabe, Cochimí, Saracure, Guerra, Aleba Cabace., Sinariapo y Docovia.

5.2.2.1 Depósitos de llanura de inundación (QII)

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

Localización

Los depósitos de llanura de inundación, se encuentran localizados en las márgenes de los ríos Vichada y Cada y en caño Chupabe (Figura 32).



Figura 32. Panorámica llanura de inundación (Qll) del río Cada. EG-141. Coordenadas: 928,952 N; 1'076,526 E; 157 m.

Descripción

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

Los depósitos de llanura de inundación están habitualmente asociados a zonas pantanosas, los cuales se encuentran bordeados por antiguas y actuales arenas de playa, y, generalmente, estos depósitos presentan capas macizas y amalgamadas de sedimentos limo-arcillosos, areno-arcillosos y de suelos. Morfológicamente, esta unidad se compone de sabanas con ligeras ondulaciones, como ocurre en el sector del río Vichada, Cada y caño Chupabe y hacia el sector del caño Dume (Figura 33).



Figura 33. Panorámica de la llanura de inundación. Estas áreas presentan abundante vegetación de pastos altos. Sector del río Vichada. HDM-021. Coordenadas N: 959.444, E: 1'080.908.

En la Unidad QII se tomaron 4 muestras en total (Tabla 14), con el objetivo de caracterizar sedimentológica y litológicamente a la unidad.

Tabla 14. Muestras colectadas para la Unidad QII.

ESTACIÓN	PLANCHA (1:50.000)	COORDENADAS		IGM	No MUESTRA
		N	E		
EG-064	273-II	940,119	1,101,857	5,004,983	EG-064-S
HDM-021	273-I	959,444	1,080,908	5,004,008	HDM-021-S
HDM-029	273-I	951,296	1,068,917	5,004,011	HDM-029-S
YPS-022	273-I	954,111	1,083,788	5,004,180	YPS-022-P1

Contactos

En la Plancha 273, la unidad Llanuras de inundación QII, al parecer presentan contactos de tipos transicionales con las unidades adyacentes.

Extensión

Los depósitos pertenecientes a la unidad Llanuras de inundación (QII) en el área de la Plancha 273 (Chupabe), presentan una extensión del orden de los 100 km². Morfológicamente esta unidad forma franjas angostas de inundación, las cuales bordean las corrientes de agua.

Edad

Para este depósito se determina una edad de Pleistoceno superior a Holoceno por análisis palinológicos; sin embargo, debido a la permanente actividad que presenta este depósito, se considera de edad reciente.

Interpretación

Los depósitos descritos anteriormente reflejan en gran parte a las planicies aluviales que, con frecuencia, son invadidas 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.

5.2.2.2 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 en la región norte del departamento del Vichada, unidad ampliamente reconocida en el área del río Vichada.

Localización

Los Depósitos de cauce aluvial son los caminos naturales de los ríos y, para esta plancha, el cauce principal lo forma el río Vichada, al igual que los caños Cada y Chupabe, que alcanzan grandes extensiones.

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 ríos.

En los cauces de los ríos principales como el Vichada y los caños Cada y Chupabe, se forman bancos de arena de cuarzo de color amarillo, de grano muy fino a fino, buena selección, redondeadas, con bajo contenido de sedimentos lodosos y óxidos de hierro y en algunos sectores, estos depósitos presentan líticas, magnetita y minerales translucidos, que varían de acuerdo a la dinámica y el material aportante del río Figura 34.



Figura 34. Desembocadura del caño Ucuturu al río Cada. Hacia las márgenes se forman depósitos de arenas de cauce aluvial. YPS-008. N= 927138, E= 1082063, Cota= 140 m.s.n.m.

Dentro de los análisis de las muestras colectadas en la Unidad Qac, se tomó un total de 10 muestras (Tabla 15 y Anexo D1), con el objetivo de caracterizar geoquímicamente a la unidad.

Tabla 15. Muestras colectadas para la Unidad Qac.

ESTACIÓN	PLANCHA (1:50.000)	COORDENADAS		IGM	No MUESTRA
		N	E		
HDM-013	273-I	953,024	1,077,756	5,004,006	HDM-013-G
HDM-022	273-I	957,963	1,082,626	5,004,009	HDM-022-G
EG-088	273-II	959,775	1,105,540	5,003,984	EG-088-G
EG-089	273-II	959,300	1,104,600	5,003,985	EG-089-G
EG-142	273-III	928,044	1,076,887	5,003,987 5,003,988	EG-142-G
YPS-008	273-III	927,138	1,082,063	5,004,001	YPS-008-G
JRA-001	273-IV	939,832	1,102,139	5,003,991	JRA-001-G
JRA-008	273-II	941,083	1,109,793	5,003,992	JRA-008-G
JRA-034	273-IV	939,082	1,116,659	5,003,999	JRA-034-G

Contactos

En la Plancha 273, la unidad de Cauce Aluvial (Qac), presenta –al parecer– contactos de tipo transicional con las unidades adyacentes.

Extensión

Los depósitos de Cauce aluvial en la Plancha 273 (Chupabe), se presentan a lo largo y ancho del río Vichada y los caños Cada y Chupabe. También se presentan en menor extensión en los caños Cochimí, Saracure, Apiney, Guerra, Aleba y Cabace, etc.; donde alcanzan extensiones cercanas a los 200 km² y pueden alcanzar espesores de entre 3 a 4 metros.

Edad

La edad de estos depósitos ha sido determinada por relaciones 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, ocurre sobre las márgenes de los ríos. También tienen influencia los períodos de rápidas y cortas crecidas del río (Figura 35).

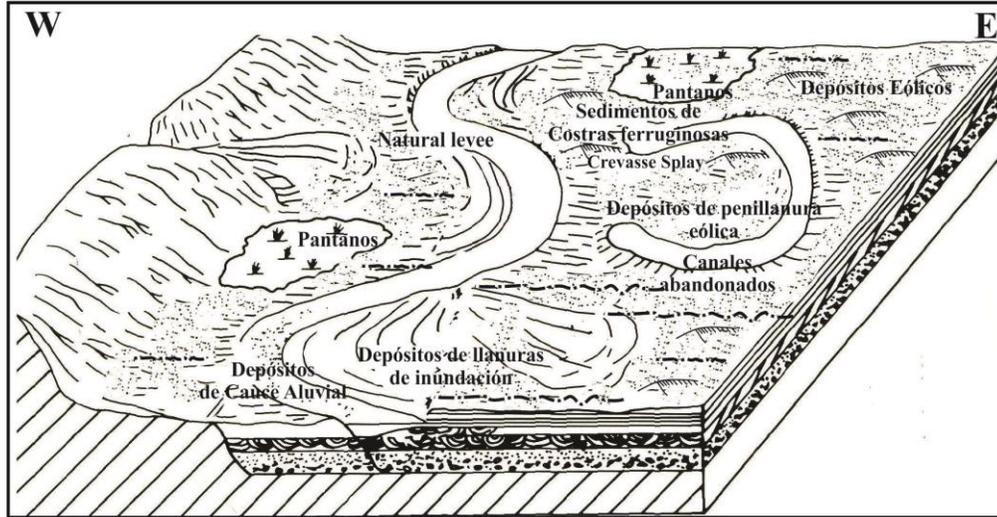


Figura 35. Bloque-diagrama de una planicie aluvial. Donde se depositaron las unidades de costras ferruginosas, depósitos eólicos, de penillanuras y sedimentos de origen aluvial. (Tomado y modificado de Friedman *et al.*, 1992).

6. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

En el área de estudio del Bloque 9, Plancha 273 (Chupabe), las expresiones estructurales tales como: pliegues, fallas, lineamientos y diaclasas, entre otras, son difíciles de determinar debido -en gran parte- a la geomorfología plana del Vichada y a la escasa presencia de registros estructurales de la zona. Sin embargo, se realizó un trabajo integral para el entendimiento de la geología estructural del área, el cual fue determinado bajo tres tipos de análisis, a saber: el primero, se encauzó hacia las referencias tectónicas de la cuenca Llanos; el segundo, se realizó a partir de datos de campo y de fotointerpretación; y, como tercer punto de análisis, se realizó la interpretación estructural con base en algunas líneas sísmicas del Vichada. Esto afianzó y amplió el conocimiento de la geología estructural del área.

6.1 TECTÓNICA

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

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

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

Una cuenca de antepaís presenta múltiples zonas de depositación con características distintivas, cuya distribución obedece a la posición y carga del cinturón orogénico. Además, estas zonas presentan variaciones a medida que el cinturón orogénico evoluciona en el tiempo, dando origen a la migración de la ondulación flexural, lo cual puede hacer que estas zonas migren en la misma dirección que el cinturón orogénico (Figura 36). 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 (Figura 37); el alto flexural (forebulge) es una zona de potencial levantamiento flexural ubicada entre el foredeep y el backbulge. Sin embargo, esta zona puede ser cubierta por los sedimentos, presentando menor espesor o incluso puede ser sometida a erosión (Figura 36); y la cuenca flexural posterior (backbulge) es la zona de potencial acumulación de sedimentos más alejada del cinturón orogénico y que representa el límite depositacional de la cuenca de antepaís (DeCelles & Giles, 1996).

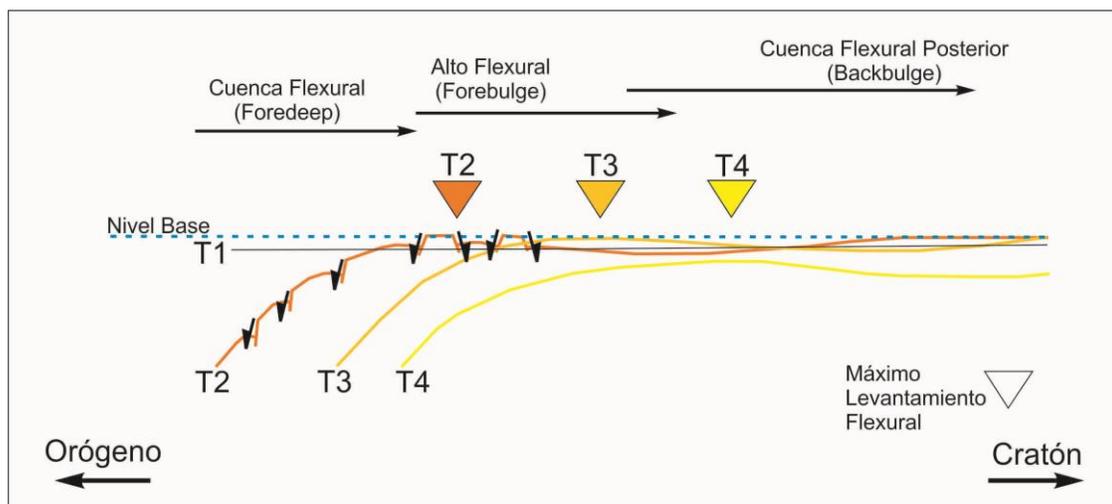


Figura 36. Migración de la ondulación flexural en un sistema de cuenca de antepaís. Según DeCelles & Giles (1996), tomado de Bayona *et al.* (2008).

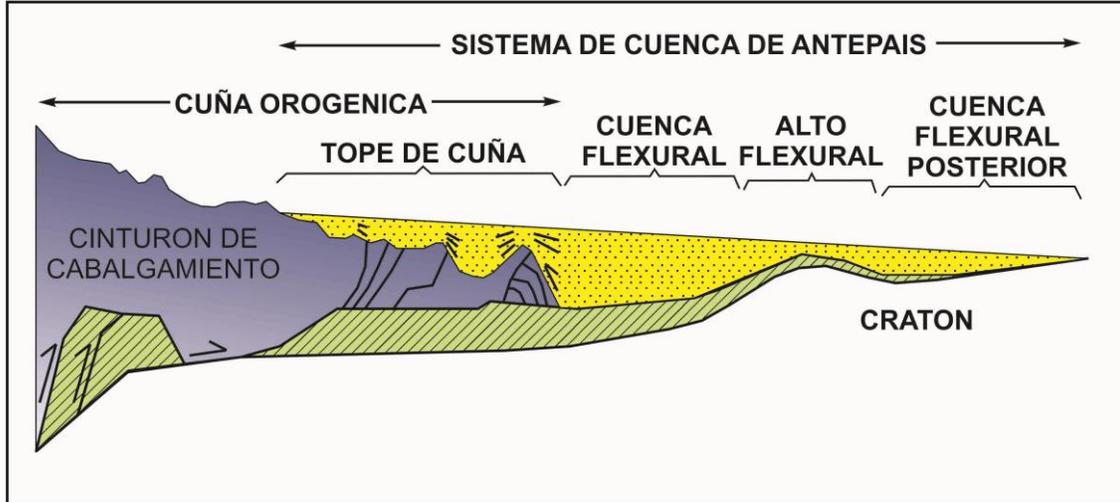


Figura 37. Esquema representativo de las zonas de deposición en un sistema de cuenca de antepaís. Tomado de DeCelles & Giles (1996).

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).

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 273.

Las estructuras vistas en campo son muy escasas e imprecisas. No obstante, se pudieron identificar algunos lineamientos y pliegues, gracias al trabajo de campo, las referencias bibliográficas y al análisis de fotogeología; Además, para identificar algunos sistemas de fallas, se utilizó información sísmica. En la Figura 38 se presentan los rasgos estructurales y geológicos de la plancha, y en la Figura 41, se presenta el perfil estructural de esta plancha.

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

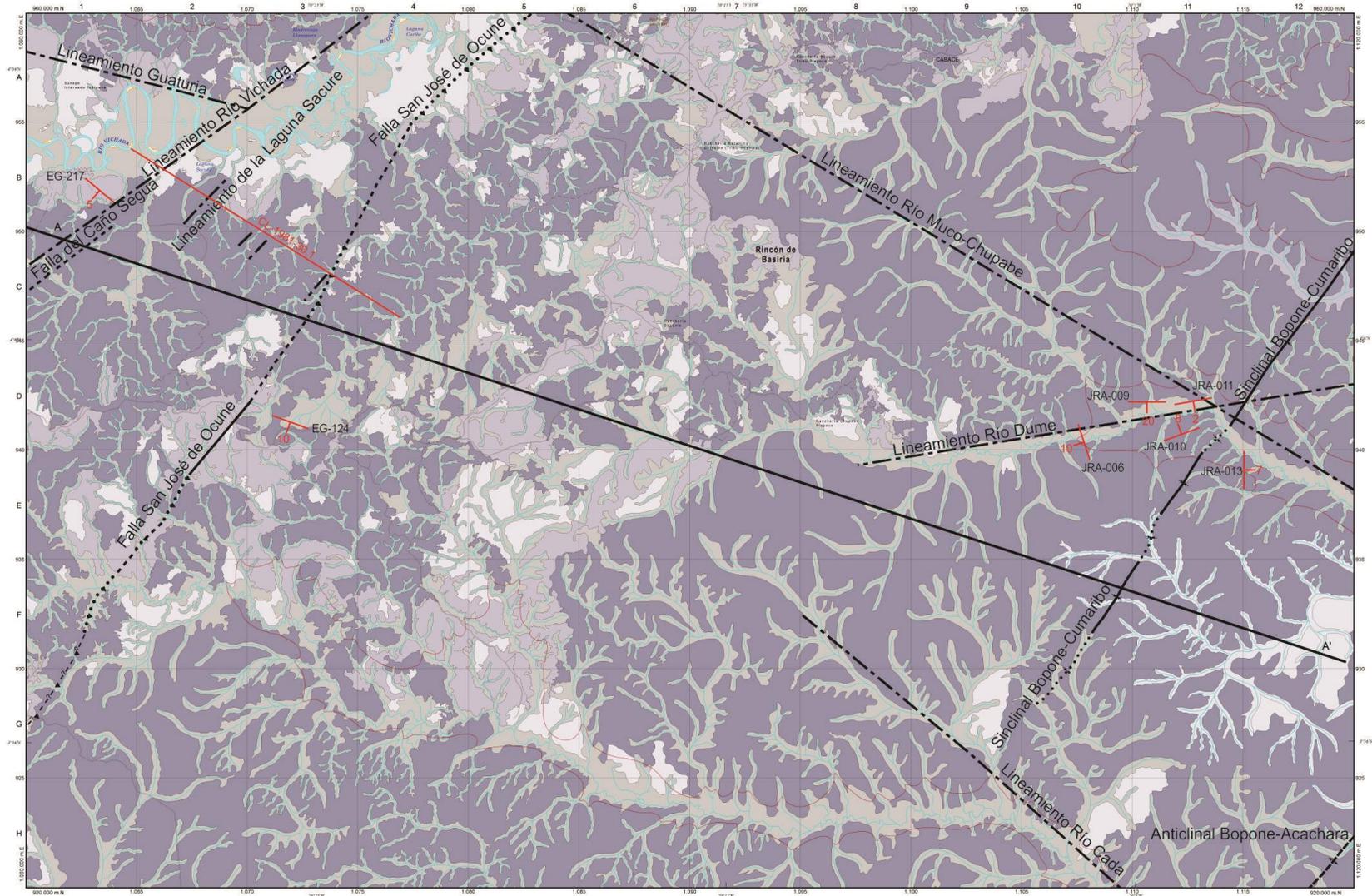


Figura 38. Mapa de ubicación de las principales estructuras y lineamientos regionales.

6.2.1 Pliegues

De acuerdo con los datos de control estructural tomados en la Plancha 273 (Chupabe), se insinúa la existencia de estructuras con dirección noreste, entre las cuales se encuentran las siguientes: Sinclinal de Boponé–Cumaribo y el Anticlinal de Boponé–Achacara, que se describen a continuación:

6.2.1.1 Sinclinal de Boponé–Cumaribo

El sinclinal de Boponé –Cumaribo (Figura 38) corresponde a una estructura regional que ocupa parte de las Planchas 255, 273 y 274. La línea de trazo presenta un rumbo de N30°E a N35°E, la cual se evidencia con datos estructurales tomados en el caño Chupabe, a través de las estaciones JRA-006 (252/10°), JRA-009 (180/20°) y JRA-011 (170/2°) que definen el flanco occidental del sinclinal y mediante las estación JRA-012 (340/8°), se infiere el flanco oriental del sinclinal.

6.2.1.2 Anticlinal de Boponé–Achacara

Este anticlinal es inferido para esta plancha a partir de los datos medidos en los caños Chupabe y Dume de la Plancha 273 y en el área de la Plancha 255 (Anexos B1 y B2 y Figura 38). La dirección de trazo del anticlinal Boponé – Achacara es de N45°E y ocupa un área muy pequeña en la esquina SE de la Plancha 273.

6.2.2 Fallas

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

Debido a lo anterior, las expresiones estructurales de fallas no se pudieron reconocer en campo. Sin embargo, durante la revisión de la información sísmica, se logró establecer un sistema de falla que presenta un indudable patrón de direccionamiento coincidente con las expresiones de los lineamientos de esta región. Para esta plancha se ha inferido la falla de San José de Oconú, en base a información sísmica.

6.3 LINEAMIENTOS

Con el estudio del modelo digital de elevación (30 m), imágenes satelitales y de fotografías aéreas, se lograron identificar algunos lineamientos existentes en esta plancha (Figura 38) los cuales son de carácter local y regional, y presentan

dos patrones de dirección, como se resume en la Tabla 16 y que se describe a continuación:

Lineamiento del caño Cada: Tiene una orientación N50°W, el trazo es determinado a lo largo del valle del río Cada, y se extiende tan solo en esta plancha. (Anexo B1)

Lineamiento del río Muco – Chupabe: tiene una orientación N60°W. El trazo es determinado a lo largo del valle del río Muco y Chupabe, y se prolonga desde la Plancha 254 hasta la 274.

Lineamiento del río Vichada: tiene una orientación N50°E. El trazo es determinado a lo largo del río Vichada y se prolonga desde la Plancha 272 hasta la 255. Al sur de este lineamiento se presenta de manera paralela la estructura lineal denominada Laguna de Saracure.

Lineamiento de Guaturia; tiene dirección de N70°W. Es un lineamiento corto que se extiende desde la Plancha 253 hasta la 273, sobre el costado nor-oeste.

Lineamiento del caño Dume: tiene dirección N75°E, es de carácter regional e involucra gran parte de la Plancha 274 (caño El Boral), 273 (Chupabe) y 255 (Cumaribo). En la Tabla 16 se presenta el resumen de los lineamientos de la Plancha 273.

Tabla 16. Lineamientos interpretados en el área de estudio

Lineamiento	Orientación
Caño Dume	N75°E
Río Vichada &. Laguna Sacure	N50°E - N65°E
Río Cada	N50°W
Río Muco-Caño Chupabe	N60°W
Caño Guaturia	N70°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 39 y Figura 40). En esta plancha 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 drenajes, los cuales fueron interpretados como lineamientos. Dentro de las fallas interpretadas se encuentra la Falla de San José de Ocnú, que se describe más adelante

Adicionalmente al trabajo de campo se realizó la interpretación de algunas líneas sísmicas disponibles en 2D (CL 1981-30-1 y CL 1981-26-2), ubicadas en las Planchas 253, 272 y 273, las cuales permitieron observar algunas estructuras en el subsuelo con lo que se reconoció la extensión y el estilo estructural regional en la zona de estudio. Asimismo, la observación de las imágenes y datos de sensores remotos permitieron realizar el trazo de algunos lineamientos regionales que se han relacionado a otras estructuras de este tipo a nivel regional.

Basados en la información sísmica disponible se propuso la correlación de algunas de estas fallas debido al similar estilo en las diferentes líneas, las cuales presentaron rumbos dentro de un rango de $N25^{\circ}-45^{\circ}E$ (Figura 38). A continuación se describe la falla resultante de esta interpretación sísmica.

- *Falla San José de Ocué*

Esta estructura es una falla inversa (Anexo B1) con saltos de aproximadamente 25 m (50-75 m) y plegamientos muy suaves que –en conjunto– presentan una orientación de $N35^{\circ}E$ a $N60^{\circ}E$ (Figura 38 y 40) 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 se propuso un trazo a lo largo de la Plancha 273, inferido de esta falla, la cual tiene rumbos en el rango de $N35^{\circ}-60^{\circ}E$.

Basados en la información de campo, así como en información de subsuelo se construyó una sección estructural para la Plancha 273, con el fin determinar la distribución y las relaciones estratigráficas entre las unidades cartografiadas. Los cortes estructurales fueron realizados a escala horizontal 1:100.000 y vertical 1:5.000 Figura 38.

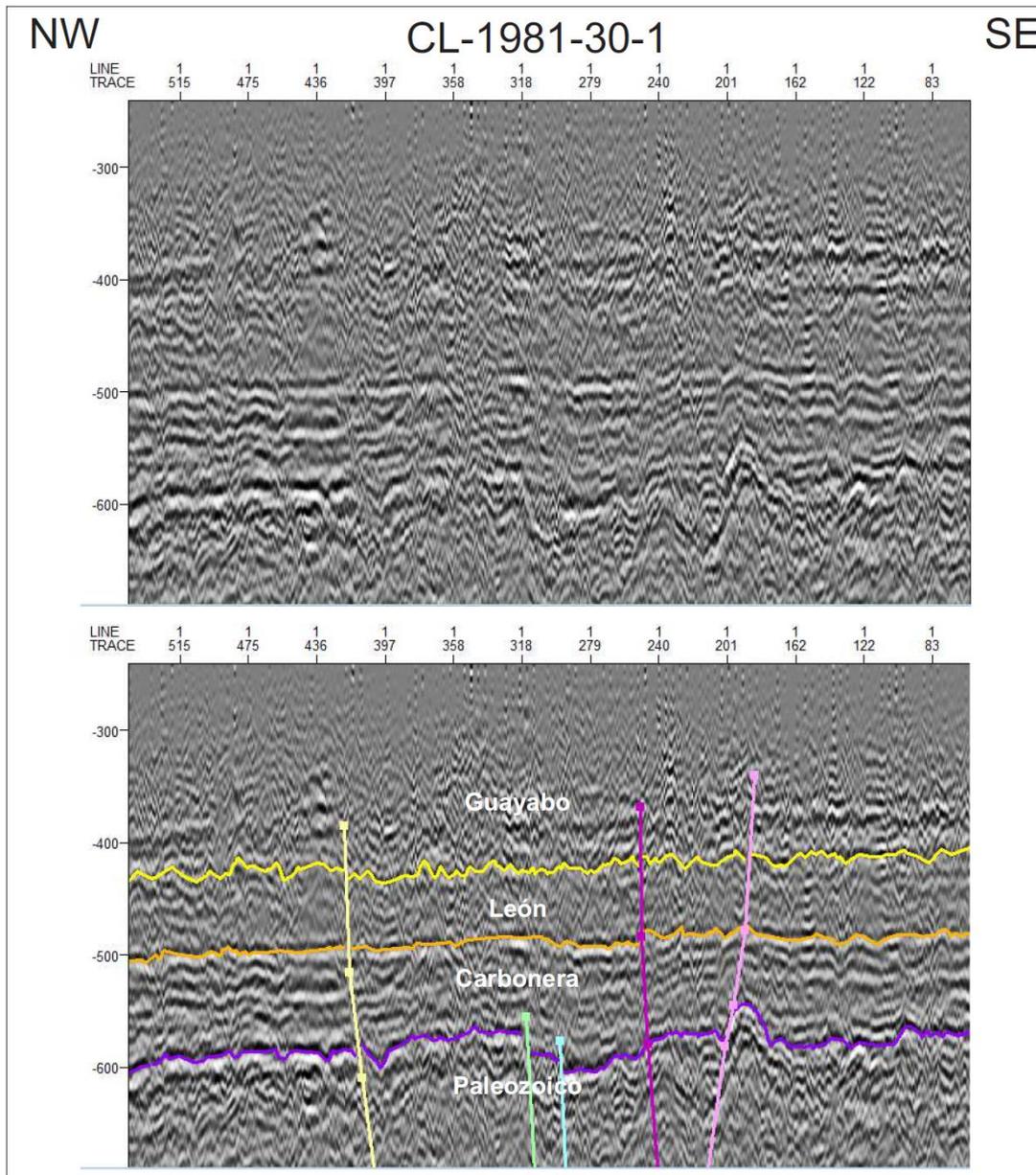


Figura 39. Interpretación sísmica de las líneas CL-1981-30-1 en el área de estudio.

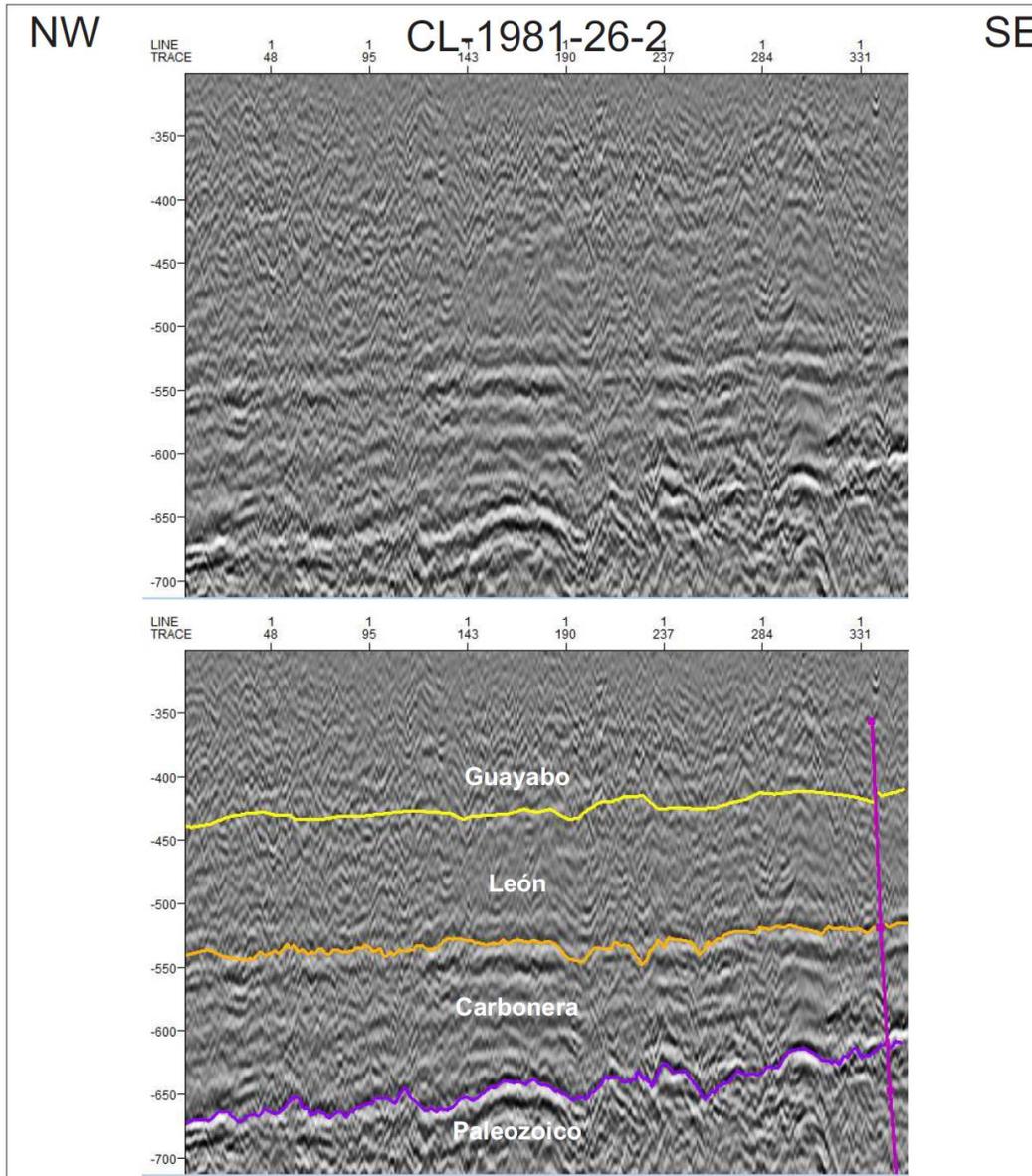


Figura 40. Interpretación sísmica de las líneas CL-1981-26-2 en el área de estudio.

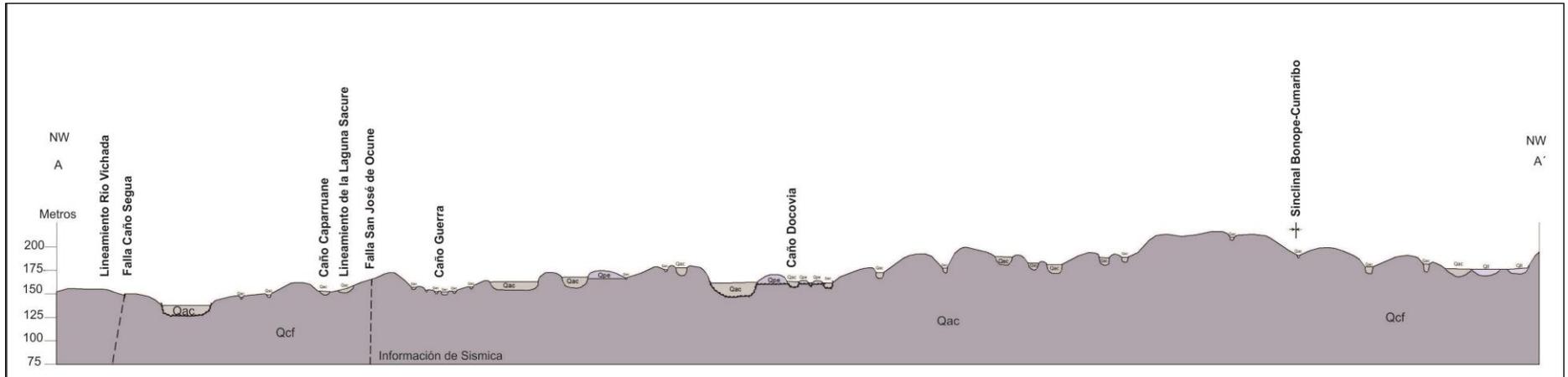


Figura 41. Secciones estructurales generalizadas construidas en el área de estudio. Ver ubicación en la **Figura 38**.

7. GEOQUÍMICA

La prospección geoquímica de minerales o elementos, incluye métodos basados en la medición sistemática de las propiedades químicas de un material de ocurrencia natural. El propósito de estas medidas es la ubicación de anomalías geoquímicas o de áreas donde el patrón geoquímico indica la presencia de depósitos minerales. Estas anomalías pueden ser formadas en profundidad por procesos ígneos y metamórficos, o en la superficie terrestre, por meteorización, erosión y transporte superficial. La prospección geoquímica de un área debe ser integrada generalmente a los estudios geológicos y geofísicos para poder delimitar las zonas de interés y así 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 las 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 lito-geoquímica se realizó un muestreo de Sedimentos Activos Finos en el área de la Plancha 273 (Chupabe). 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 colectaron muestras sobre los drenajes más representativos, con el fin de obtener como mínimo información de cuatro elementos mayores (Al, Si, Ti y Fe) y como cuatro de los elementos trazas (que pueden ser Mn, C, Y, Hf, Ba, Cd, Mo, Ni, Pb y Zn).

7.1 MUESTREO GEOQUÍMICO

Para el análisis geoquímico, se colectaron en esta plancha (30) 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 km² de la Plancha 272 (El Deba) en cuatro (4) partes iguales de 600 km² 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.

Los tipos de muestras que se tomaron fueron de tres (3) tipos: 1) Sedimento activo fino, colectadas en corrientes activas, 2) Muestras de suelo y 3) Muestras de la llanura de inundación, obtenidas 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 273:

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

Las muestras colectadas se tomaron de 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 del río Vichada y Cada, y –en menor extensión– cerca a los caños Chupabe, Cochimí, Saracure, Apiney, Guerra, Aleba y Cabace (Anexos A2).

7.2 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS GEOQUÍMICOS

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

De los resultados obtenidos por medio de FRX, se descartaron aquellos que se encontraron por debajo del límite de detección (Tabla 17).

Tabla 17. Control de muestras válidas (V) y no válidas (NV). Resultados obtenidos por FRX.

	Qcf		Qcf-matriz		Qpe		QII		Sed Activ		TOTAL	
	V	NV	V	NV	V	NV	V	NV	V	NV	V	NV
SiO ₂	14		2		2		4		8		30	0
TiO ₂	13	1	2		2		4		8		29	1
Al ₂ O ₃ %	14		2		2		4		8		30	0
Fe ₂ O ₃ %	14		1	1	2		4		8		29	1
MgO %	4	10		2		2	2	2		8	6	24
K ₂ O %	10	4		2		2	2	2		8	12	18
P ₂ O ₅ %	14		1	1	2		2	2		8	19	11
V ppm	14		1	1	2		2	2	6	2	25	5
Zr ppm	14		2		2		4		8		30	0
Nb ppm	13	1	2		2		4		8		29	1
Mo ppm	3	11		2		2		4		8	3	27
Sn ppm	3	11		2		2	1	3		8	4	26
Hf ppm	13	1	1	1	1	1	2	2	7	1	24	6
W ppm		14		2	1	1		4		8	1	29

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 18 y Tabla 19). Utilizando estos valores de referencia, se seleccionaron aquellos que presentaban valores superiores a éstos y se realizaron mapas de concentración para los elementos y compuestos que presentaron valores altos (TiO₂, SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, V, Zr, Nb, Mo y Hf), cuyos resultados son analizados en el capítulo siguiente.

En la Figura 42 y Figura 43, se presentan los mapas de distribución de los elementos y compuestos escogidos, donde se observa que la mayor abundancia es de TiO₂, Al₂O₃, Nb y V, hacia el oeste de la zona, y con mínimas concentraciones de los mismos hacia el este. Los elementos Fe₂O₃, Hf, Mo y Zr, no presentan valores representativos como se observa para los elementos y compuestos anteriores.

Para los resultados obtenidos por ICP-MS (Tabla 19), los elementos evaluados en las muestras registraron –en general– valores por debajo del promedio existente en la corteza terrestre (Rudnick & Gao, 2003). No obstante, para los elementos que se mencionarán a continuación los resultados se encuentran por encima del promedio existente en la corteza terrestre en algunas muestras.

Así, la muestra HDM -021- S y HDM -029- S, se presentan valores superiores en la mayoría de los elementos (Be, As, Cd, In, Cs, Pr, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho,

Er, Tm, Yb, Lu, Ti, Bi, Th y U), especialmente en los elementos Praseodimio (Pr), Gadolinio (Gd) y Torio (Th). La muestra “La Primavera” presenta una alta concentración de Arsénico (As), muy por encima del promedio terrestre (0,29 ppm), con 21 ppm (Figura 44).

El elemento Ítrio (Y) y Cesio (Ce), especialmente las muestras EG-124-AP, EG-142-G, HDM-013-G y HDM-020-G, que tienen un valor de 116, 159, 143 y 95 ppm para el elemento Ítrio, respectivamente, y las muestras EG-064-S, HDM-021-S y HDM-023-S, que tienen un valor de 64, 167 y 127 para el elemento Cesio, respectivamente. El promedio de concentración del elemento Ítrio en la corteza terrestre es de 19 ppm y el del Cesio es de 43 ppm ((Figura 44).

El elemento Manganeso (Mn) en la muestra “La Primavera”, tiene una concentración de 750 ppm, estando muy cercano al promedio terrestre de la concentración del elemento en la corteza terrestre, la cual es de 774 ppm ((Figura 44).

Tabla 18. 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 ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %	MgO %	K ₂ O %	P ₂ O ₅ %	V ppm	Zr ppm	Nb ppm	Mo ppm	Sn ppm	Hf ppm	W ppm	LOI %	UNIDAD FINAL
1	940119	1101857	EG-064-S	36454-I	5003983	75,73	1,01	12,62	3,79	0,18	0,30	0,062	85	820	17	<2	<8	19	<8	6,11	Qcf
2	959775	1105540	EG-088-G	36455-I	5003984	98,57	0,19	0,59	0,21	<0,10	<0,08	<0,024	<9	452	3	<2	<8	<8	<8	0,40	Qll
3	959300	1104600	EG-089-G	36456-I	5003985	97,94	0,30	0,87	0,29	<0,10	<0,08	<0,024	<9	414	4	<2	<8	8	<8	0,50	Qll
4	935797	1077319	EG-115	37819-I	5004178	78,96	1,02	10,99	3,62	<0,10	0,19	0,034	95	615	18	<2	<8	14	<8	5,00	Qcf
5	941017	1071843	EG-124-AP	36457-I	5003986	99,05	0,17	0,52	<0,10	<0,10	<0,08	<0,024	<9	182	3	<2	<8	<8	<8	0,28	Qcf-matriz
6	928044	1076887	EG-142-G	36458-I	5003987	97,64	0,39	0,96	0,31	<0,10	<0,08	<0,024	9	649	6	<2	<8	14	<8	0,56	Sed-Act
7	958323	1089688	HDM-010-S	36476-I	5004005	82,65	0,77	9,00	2,79	<0,10	<0,08	0,041	63	675	15	<2	<8	16	13	4,65	Qpe
8	953024	1077756	HDM-013-G	36477-I	5004006	98,06	0,37	0,74	0,27	<0,10	<0,08	<0,024	9	661	5	<2	<8	14	<8	0,46	HDM-Act
9	953024	1077756	HDM-013-G	36477-I D	5004006	97,98	0,38	0,76	0,29	<0,10	<0,08	<0,024	9	655	5	<2	<8	14	<8	0,49	Sed-Act
10	953902	1078625	HDM-015-P	37827-I	5004186	89,07	0,66	4,68	2,34	<0,10	<0,08	0,033	70	2344	13	5	<8	48	<8	2,75	Qcf
11	949531	1086948	HDM-020-G	36478-I	5004007	90,16	0,47	4,92	1,80	<0,10	<0,08	0,028	38	404	9	<2	<8	<8	<8	2,65	Qpe
12	959444	1080908	HDM-021-S	36479-I	5004008	53,74	1,19	24,81	3,40	0,23	0,51	0,090	142	215	20	<2	9	<8	<8	15,89	Qll
13	957963	1082626	HDM-022-G	36480-I	5004009	98,24	0,14	0,53	0,16	<0,10	<0,08	<0,024	<9	158	2	<2	<8	<8	<8	1,01	Sed-Act
14	957659	1082566	HDM-023-S	36481-I	5004010	84,22	0,75	7,17	2,69	<0,10	<0,08	0,030	57	1005	14	<2	<8	21	<8	4,99	Qcf
15	951296	1068917	HDM-029-S	36482-I	5004011	67,18	1,08	15,13	3,78	0,16	0,22	0,053	94	433	18	<2	<8	11	<8	12,30	Qll
16	947656	1074361	HDM-032-P2	37826-I	5004185	67,27	1,61	19,23	3,25	0,32	1,63	0,047	142	1066	31	3	<8	25	<8	6,41	Qcf
17	942019	1067981	HDM-033-P1	37828-I	5004187	89,62	0,56	5,32	1,92	<0,10	0,37	0,035	44	679	12	<2	<8	13	<8	2,05	Qcf
18	942019	1067981	HDM-033-P3	37825-I	5004184	65,68	1,45	17,22	7,12	0,22	0,99	0,050	128	990	28	<2	8	23	<8	7,07	Qcf
19	942019	1067981	HDM-033-P3	37825-I D	5004184	65,73	1,44	17,23	7,06	0,21	0,98	0,051	128	934	33	<2	8	24	<8	7,08	Qcf
20	939832	1102139	JRA001-G	36462-I	5003991	97,52	0,34	0,99	0,35	<0,10	<0,08	<0,024	11	815	6	<2	<8	17	<8	0,66	Sed-Act
21	941760	1112968	JRA-011-P	37820-I	5004179	89,12	0,35	1,17	7,47	<0,10	<0,08	0,228	14	552	6	<2	<8	12	<8	1,55	Qcf
22	939082	1116659	JRA034-G	36470-I	5003999	97,11	0,36	1,21	0,30	<0,10	<0,08	<0,024	10	467	5	<2	<8	9	<8	0,93	Sed-Act
23	941867	1060015	VEA047	36513-I	5004042	79,56	0,98	9,90	3,41	<0,10	0,19	0,040	78	781	18	<2	<8	17	<8	5,74	Qcf
24	941083	1109793	YPS008-G	36463-I	5003992	97,80	0,38	0,87	0,28	<0,10	<0,08	<0,024	11	582	5	<2	<8	12	<8	0,64	Sed-Act
25	927138	1082063	YPS-008-G	36472-I	5004001	97,99	0,29	0,90	0,21	<0,10	<0,08	<0,024	<9	594	4	<2	<8	11	<8	0,61	Sed-Act
26	954111	1083788	YPS-022-P1	37821-I	5004180	87,01	0,68	5,86	1,41	<0,10	<0,08	0,035	44	928	13	<2	<8	21	<8	4,87	Qcf-matriz
27	952706	1083308	YPS-024-P2	37822-I	5004181	83,06	0,86	9,09	2,61	<0,10	0,14	0,035	66	587	17	<2	<8	14	<8	4,06	Qcf
28	952706	1083308	YPS-024-P3	37823-I	5004182	84,09	0,88	8,37	2,90	<0,10	0,18	0,033	72	730	17	<2	<8	16	<8	3,38	Qcf
29	952706	1083308	YPS-024-P5	37824-I	5004183	82,72	0,95	9,81	2,19	<0,10	0,37	0,033	79	576	18	<2	8	14	<8	3,74	Qcf
30	942000	1090000	La Primavera	36459-I	5003988	3,40	<0,04	1,34	81,87	<0,10	<0,08	1,546	41	19	<2	3	<8	<8	<8	11,80	Qcf
PROMEDIO 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 19. 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 & Gao, 2003). En negrita se encuentran los valores que estuvieron por encima del promedio de la corteza.

ID MUESTRA	NUMERO DE CAMPO	COORDENADAS		Li	Be	Sc	Cr	Mn	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Sr	Y	Cd	In	Cs	Ba	La	
		NORTE	ESTE	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
				µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g
36454 I	EG-064-S	940119	1101857	14	1,2	12	52	58	2,4	7,6	23	35	18	4,4	26	59	14	0,07	0,045	3,1	160	29	
36457 I	EG-124-AP	941017	1071843	3,0	< 0,1	0,75	7,1	5,0	0,16	0,30	4,0	2,2	0,27	1,1	2,3	9	116	0,04	0,001	0,07	12	6,3	
36458 I	EG-142-G	928044	1076887	6,1	0,20	1,7	11	37	0,76	0,80	7,2	11	1,1	1,1	5,3	8	159	0,05	0,006	0,26	42	6	
36459 I	La Primavera	942000	1090000	< 0,5	1,7	25	33	750	0,95	1,1	15	32	2,1	21	0,85	1	63	0,14	0,011	0,03	20	1,5	
36463 I	YPS008-G	927138	1082063	4,6	0,19	1,3	8,8	32	0,63	0,80	6,5	11	1,0	0,88	3,9	7	6,0	0,04	0,008	0,28	30	5	
36476 I	HDM-010-S	958323	1089688	6,0	0,34	6,4	47	23	0,76	6,4	14	18	12	4,4	4,9	25	28	0,04	0,041	1,1	31	18	
36477 I	HDM-013-G	953024	1077756	4,9	0,19	1,3	9,0	30	0,71	0,60	6,5	10	0,78	0,91	4,4	8	143	0,05	0,007	0,26	46	7	
36477 I	HDM-013-G	953024	1077756	4,7	0,18	1,2	8,3	30	0,70	0,60	6,5	10	0,75	1,3	4,1	8	142	0,05	0,008	0,25	46	7	
36478 I	HDM-020-G	949531	1086948	3,5	0,15	3,3	28	8,0	0,33	3,0	9,6	9,3	6,1	2,8	3,4	11	95	0,04	0,023	0,79	15	9	
36479 I	HDM-021-S	959444	1080908	44	3	19	95	40	11	28	43	94	30	5,1	38	70	29	0,10	0,093	7,1	237	67	
36481 I	HDM-023-S	957659	1082566	5,1	0,25	6,3	31	37	1,0	5,4	15	16	8,3	3,7	3,5	16	7,2	0,04	0,029	0,64	25	11	
36482 I	HDM-029-S	951296	1068917	15	0,71	13	49	70	3,7	12	32	45	19	3,3	21	31	36	0,05	0,057	5,4	92	39	
36513 I	VEA047	941867	1060015	15	0,56	8,8	47	31	1,6	7,4	19	27	12	4,1	15	37	11	0,05	0,044	2,4	80	25	
ABUNDANCIA DE ELEMENTOS EN LA CORTEZA				16,0	1,90	21,9	135	774	26,6	59,0	27,0	72,0	16,0	2,5	49,0	320	19	0,08	0,062	2,00	456	20	
ID MUESTRA	NUMERO DE CAMPO	COORDENADAS		Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Ti	Pb	Bi	Th	U		
		NORTE	ESTE	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	
				µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g
36454 I	EG-064-S	940119	1101857	64	6,8	24	4,1	1,0	4,6	0,58	2,4	0,46	1,6	0,20	1,5	0,22	0,27	16	0,21	10	2,0		
36457 I	EG-124-AP	941017	1071843	13	1,4	4,0	0,8	0,15	0,93	0,10	0,39	0,07	0,25	0,03	0,23	0,04	0,01	4,6	0,03	1,9	0,27		
36458 I	EG-142-G	928044	1076887	12	1,4	4,2	0,9	0,19	1,0	0,14	0,68	0,14	0,51	0,07	0,50	0,08	0,03	2,3	0,03	2,9	0,63		
36459 I	La Primavera	942000	1090000	3	0,40	1,4	0,8	0,20	0,84	0,17	0,89	0,16	0,43	0,06	0,39	0,05	0,01	6,3	0,01	1,9	2,3		
36463 I	YPS008-G	927138	1082063	11	1,3	4,3	0,8	0,19	0,96	0,14	0,64	0,13	0,47	0,07	0,48	0,08	0,03	4,0	0,05	3,1	0,63		
36476 I	HDM-010-S	958323	1089688	41	4,4	16	2,8	0,55	3,0	0,37	1,4	0,28	1,1	0,14	1,1	0,15	0,08	10	0,2	11	1,7		
36477 I	HDM-013-G	953024	1077756	15	1,7	6,1	1,1	0,26	1,3	0,19	0,90	0,18	0,66	0,09	0,68	0,10	0,04	4,1	0,15	3,8	0,86		
36477 I	HDM-013-G	953024	1077756	14	1,5	5,6	1,1	0,25	1,2	0,18	0,88	0,19	0,67	0,09	0,69	0,11	0,04	4	0,08	3,7	0,87		
36478 I	HDM-020-G	949531	1086948	19	2,1	7,6	1,4	0,27	1,5	0,20	0,86	0,17	0,60	0,08	0,62	0,09	0,04	5,3	0,19	6,9	0,97		
36479 I	HDM-021-S	959444	1080908	167	19	68	13	3,0	14	1,86	7,1	1,29	4,3	0,51	3,6	0,51	0,78	39	0,53	23	5,1		
36481 I	HDM-023-S	957659	1082566	23	2,4	8,3	1,5	0,33	1,8	0,26	1,2	0,28	0,97	0,15	1,1	0,17	0,1	7,2	0,17	8,9	1,7		
36482 I	HDM-029-S	951296	1068917	127	12	46	10	2,4	11	1,61	6,7	1,19	3,7	0,45	3,1	0,43	0,4	29	0,28	16	3,3		
36513 I	VEA047	941867	1060015	58	6,4	23	4,2	0,89	4,5	0,58	2,4	0,49	1,8	0,25	1,8	0,27	0,35	14	0,31	13	2,9		
ABUNDANCIA DE ELEMENTOS EN LA CORTEZA				43	4,9	20,0	3,9	1,10	3,7	0,60	3,60	0,77	2,10	0,28	1,90	0,30	0,5	11	0,18	5,6	1,3		

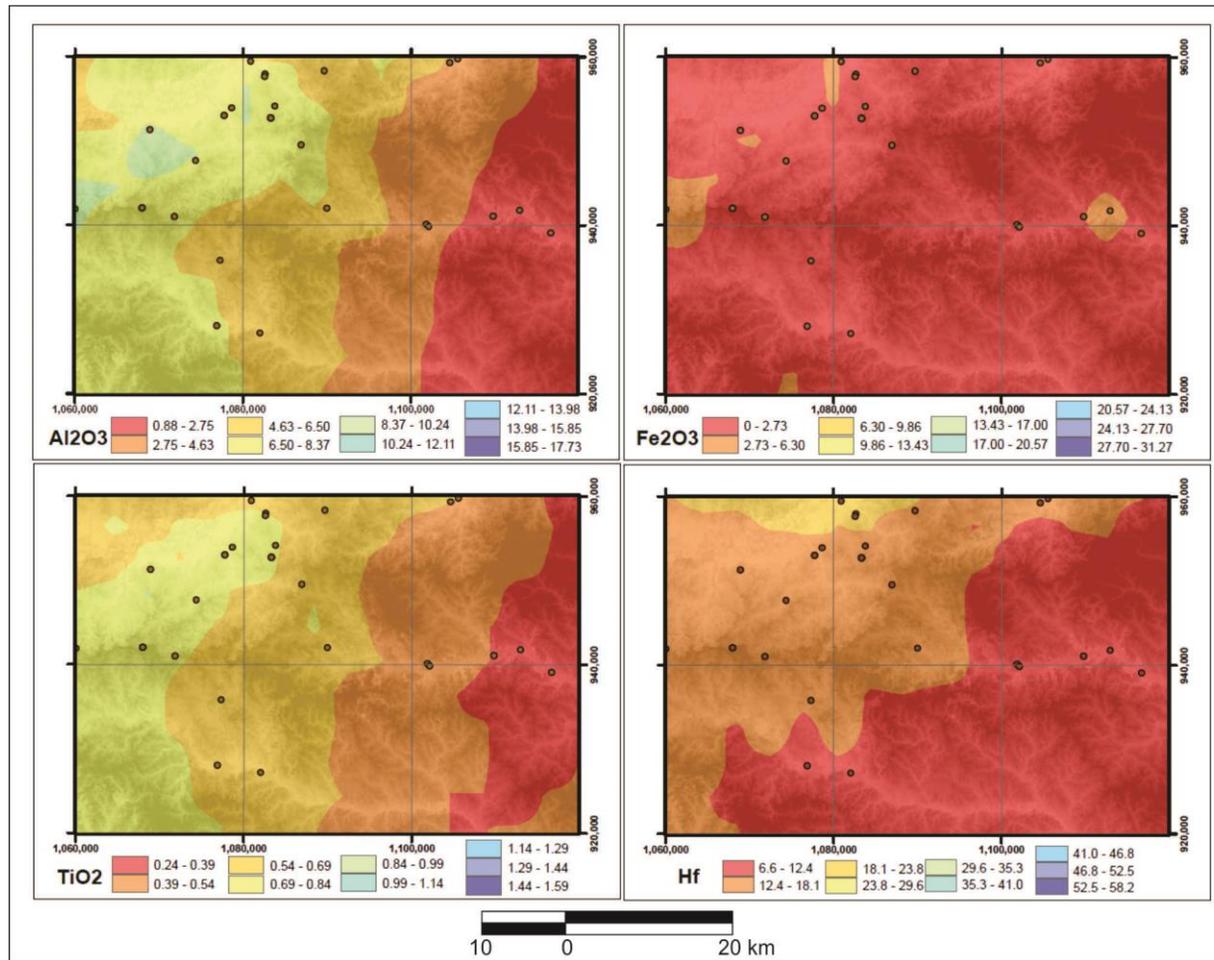


Figura 42. Mapas de abundancia de algunos elementos y óxidos que presentan las mayores concentraciones en la zona de estudio. La concentración de los elementos está dada en ppm y la de los óxidos en porcentaje. Los puntos representan la ubicación de las muestras analizadas.

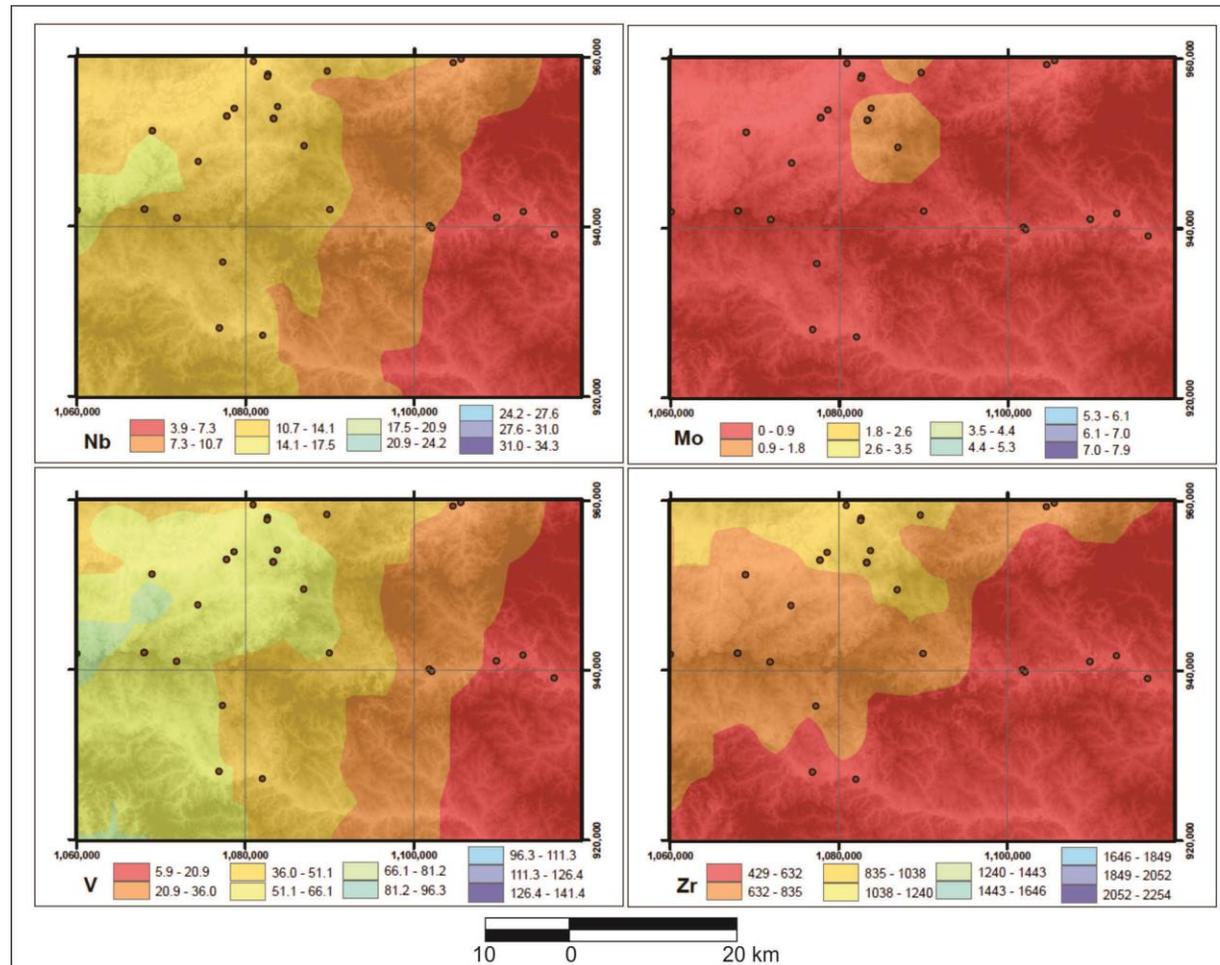


Figura 43. Mapas de abundancia de algunos elementos y óxidos que presentan las mayores concentraciones en la zona de estudio. La concentración de los elementos está dada en ppm y la de los óxidos en porcentaje. Los puntos representan la ubicación de las muestras analizadas.

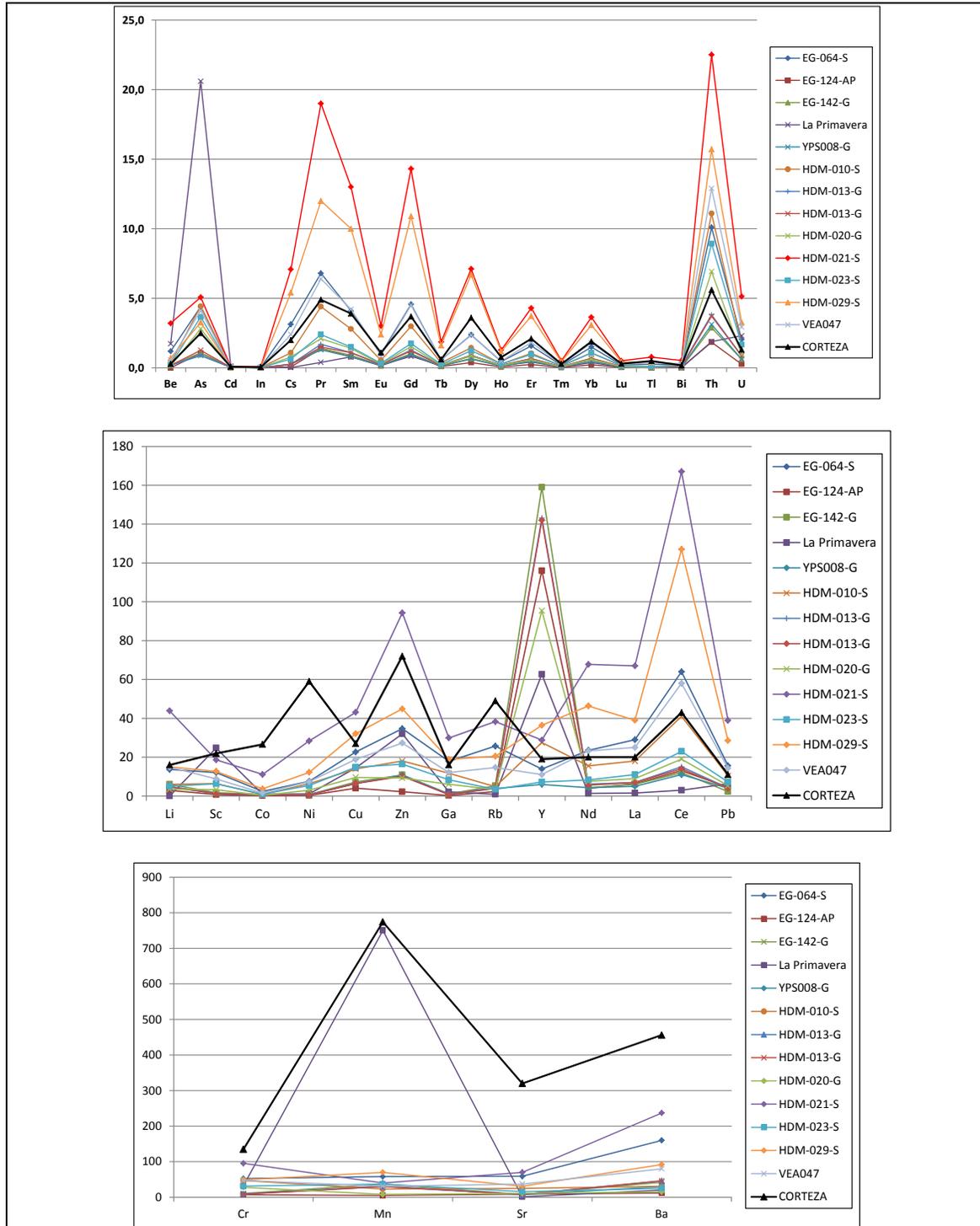


Figura 44. Curvas de distribución comparativa de los diferentes elementos analizados por ICP-MS en las muestras del área. La curva negra representa los valores promedio de la corteza según Rudnick & Gao (2003). Los datos fueron separados dependiendo de la escala de comparación entre los diferentes elementos.

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 recientes.

En Anexo D4 se presentan los resultados geoquímicos de la Plancha 273 (Chupabe), 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 método se realizaron análisis para los elementos mayores, menores y trazas, cuyos resultados se presentan a continuación.

8.1.1.1 Fluorescencia de rayos X – FRX elementos mayores

Los elementos mayores son aquellos que presentan una concentración mayor al 1%, es decir mayor a 10 000 ppm (López *et al.*, 2007). A continuación se presentan los 4 elementos metálicos más importantes analizados en las 30 muestras tomadas en la Plancha 273, que son: Óxido de Titanio (TiO_2) en la Figura 45, Óxido de Silicio (SiO_2) en la Figura 46, Bauxita (Al_2O_3) en la Figura 47 y Óxido de Hierro (Fe_2O_3) en la Figura 48.



Figura 45. Gráfico estadístico (porcentaje vs. muestras) que indica la distribución del contenido de TiO₂ en las muestras analizadas mediante el método FRX.

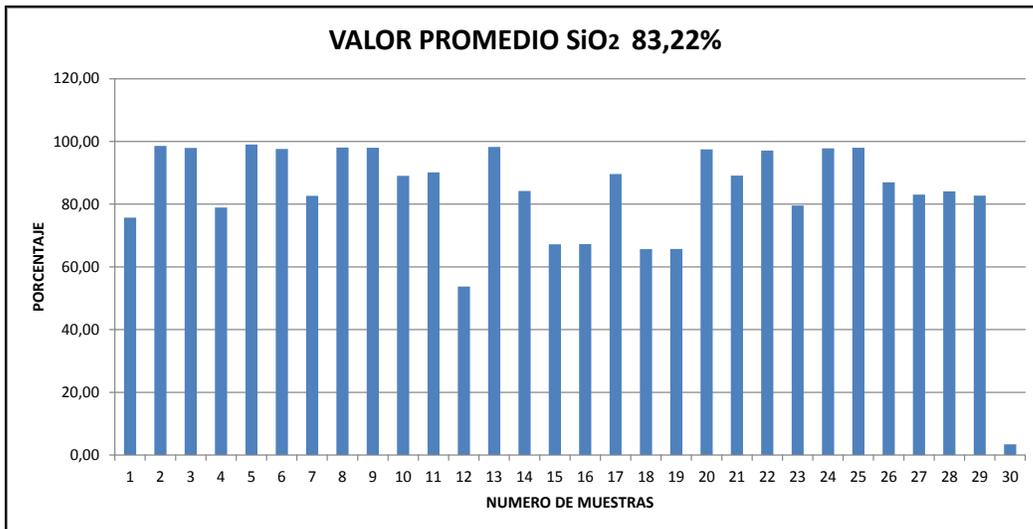


Figura 46. Gráfico estadístico (porcentaje vs. muestras) que indica la distribución del contenido de SiO₂ en las muestras analizadas mediante el método FRX.



Figura 47. Gráfico estadístico (porcentaje vs. muestras) que indica la distribución del contenido de Al₂O₃ en las muestras analizadas mediante el método FRX.

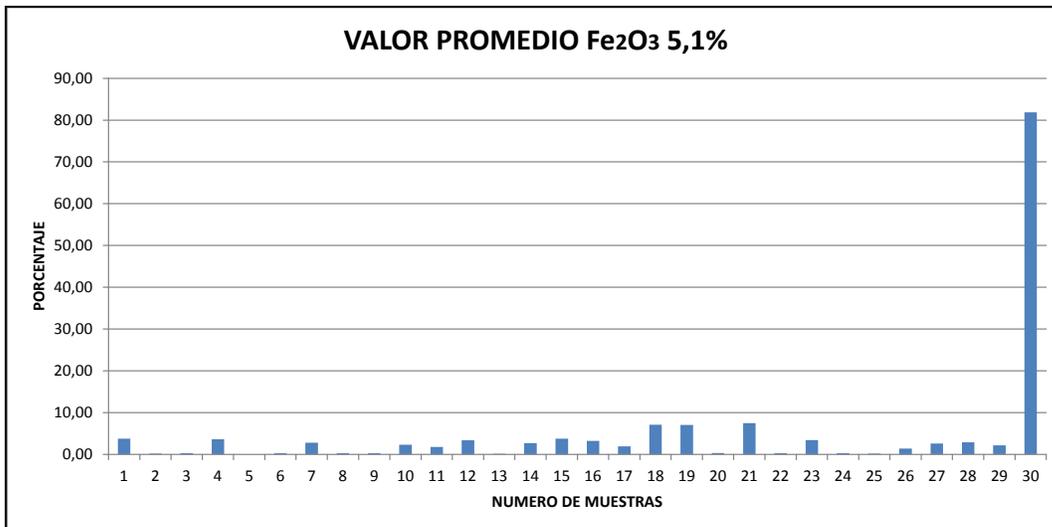


Figura 48. Gráfico estadístico (porcentaje vs. muestras) que indica la distribución del contenido de Fe₂O₃ en las muestras analizadas mediante el método FRX.

Los resultados de estas muestras manifiestan porcentajes muy variados, moviéndose dentro de un amplio rango composicional de valores. INGEOMINAS (2006) reporta para los elementos Fe₂O₃, SiO₂ y Al₂O₃ valores de 35%, 41% y 11%, respectivamente. Debe aclararse que el muestreo tomado por ellos se realizó en los niveles lateríticos 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 83,22%, es decir, que presenta una concentración alta, la cual representa más del doble de la cantidad encontrada por INGEOMINAS. El Al_2O_3 tiene valores del 6,76% el cual, aunque se encuentra por debajo de lo reportado por INGEOMINAS para el área del Vichada, entra dentro del rango de aceptables. El Fe_2O_3 arrojó un valor promedio 5,1%, el cual se encuentra muy por debajo de lo reportado por INGEOMINAS. El resultado obtenido para el TiO_2 (un promedio de 0,69% de concentración del compuesto) se encuentran dentro de los valores esperados para la región, ya que en registros obtenidos en estudios anteriores –como el de Salinas *et al.* (1999)– este compuesto 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 los elementos que alcanzaron valores significativos en cuanto a su contenido, se encuentran el Circonio, Vanadio, Niobio y Hafnio, entre los que sobresale considerablemente el Circonio, como se muestra en la Figura 49.

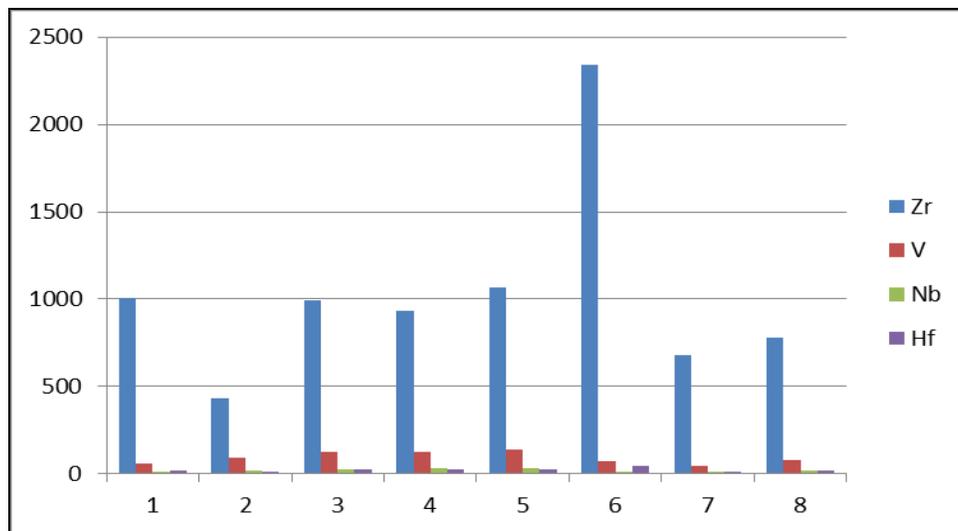


Figura 49. Gráfico estadístico (ppm vs. Muestras) que indica la distribución de los elementos menores y trazas: Circonio (Zr), vanadio (V), niobio (Nb), hafnio (Hf) en las muestras analizadas mediante el método FRX.

Estos elementos corresponden al grupo de “Metales Especiales” de Muñoz & Gómez (1997). A continuación se presentan y analizan los datos de anomalías

que registraron cada uno de estos elementos, relacionados a la unidad y localidad en la que se tomó la muestra del sedimento activo.

Circonio (Zr):

En las muestras analizadas, el Circonio presenta un contenido promedio total del orden de los 666 ppm. Existen cinco muestras anómalas (Tabla 20), cuyos valores en orden descendente son los siguientes:

Tabla 20. Resultados de Circonio (Zr)

Muestras	Contenido	Localización	Unidad
HDM-015-P; 5,004,186	2344 ppm	Alto Guerra al este de Caño Guerra.	Qcf
HDM-032-P2; 5,004,185	1066 ppm	Vía Mereyal-Tienda Nueva	Qcf
HDM-023-S; 5,004,010	1005 ppm	Rincón de Pipirimi.	Qcf
HDM-033-P3; 5,004,184	990 ppm	Vía Tienda Nueva-Saracure, sector cabecera Cochimi y Caño Manouba	Qcf
YPS-022-P1; 5,004,180	928 ppm	Vía Chupabe - caño Jojore	Qcf

Vanadio (V):

El contenido de Vanadio en el total de muestras analizadas presenta un promedio del orden de las 61,5 ppm. Existen cinco muestras anómalas (Tabla 21), cuyos valores en orden descendente son los siguientes:

Tabla 21. Resultados de Vanadio (V)

Muestra	Contenido	Localización	Unidad
HDM-032-P2; 5,004,185	142 ppm	Vía Mereyal- Tienda Nueva	Qcf
HDM-021-S; 5,004,008	142 ppm	Rincón de Pipirimi-Río Vichada (al oeste de caño Guache).	QII
HDM-033-P3	128 ppm	Vía Mereyal-Tienda Nueva	Qcf
EG-115; 5,004,178	145 ppm	Vía Chupabe-Puerto Lindo.	Qcf
EG-064-S; 5,003,983	143 ppm	Caño Chupabe sitio El Tropezón.	Qcf

Háfneo (Hf):

El contenido de Háfneo en las muestras analizadas presenta un promedio total del orden de las 16,8 ppm, del cual existen al menos cinco muestras anómalas (Tabla 22), cuyos valores en orden descendente son los siguientes:

Tabla 22. Resultados de Háfneo (Hf)

Muestra	Contenido	Localización	Unidad
HDM-015-P. 5,004,186	48 ppm	Alto Guerra al este de Caño Guerra.	Qcf
HDM-032-P2.5,004,185	25 ppm	Vía Mereyal-Tienda Nueva (Anexo B1).	Qcf
HDM-033-P3.	24 ppm	Vía Tienda Nueva-Saracure, sector cabecera Cochimi y Caño Manouba	Qcf
HDM-023-S.	21 ppm	Rincón de Pipirimi	Qcf
YPS-022-P1.	21 ppm	Vía Chupabe - caño Jojore	Qcf

Niobio (Nb):

El contenido de Niobio en las muestras analizadas presenta un promedio total del orden de las 12,6 ppm, del cual existen tres muestras anómalas (Tabla 23), cuyos valores en orden descendente son los siguientes:

Tabla 23. Resultados de Niobio (Nb)

Muestra	Contenido	Localización	Unidad
HDM-033-P3.	33 ppm	Vía Tienda Nueva-Saracure, sector cabecera Cochimi y Caño Manouba	Qcf
HDM-032-P3.	31 ppm	Vía Mereyal-Tienda Nueva	Qcf
HDM-021-S.	20 ppm	Rincón de Pipirimi-Río Vichada (al oeste de caño Guache).	QII

De acuerdo a Muñoz & Gómez (1997), este grupo de elementos corresponde 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 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 y 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 ha 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 (61,5 ppm), Circonio (666 ppm), Niobio (12,6 ppm) y Háfnio (16,8 ppm), los cuales fueron tomados de los sedimentos activos, pertenecientes a las planicies aluviales que, asimismo, corresponden a depósitos de tipo residuales y eluviales.

En el estudio realizado por Buenaventura & Rosas (1989) al oriente de la Plancha 273 (donde se ubica el Batolito de Parguaza), se encuentra un origen pegmatítico (fuente primaria) la cual da un marco geológico ideal para generar elementos metálicos como: el Niobio, el Estaño y el Tantalio, que presenta en la región un promedio de 70 ppm, 5,6 ppm y 4 ppm, respectivamente, siendo éstos valores considerados como de interés económico.

Al analizar los anteriores resultados con los obtenidos en el área de trabajo se encuentra que existen probabilidades de mineralizaciones, las cuales están asociadas a los depósitos residuales y, al comparar éstos con el valor del grupo estudiado por Buenaventura & Rosas (1989), se encuentra que, aunque los valores son inferiores, presentan buenas posibilidades económicas y prospectivas para establecer programas de exploración minera.

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

La distribución geográfica de las muestras con contenidos anómalos de elementos menores y trazas de tierras raras, analizadas con el método de Fluorescencia de Rayos X – FRX elementos, se presentan en la Figura 50.

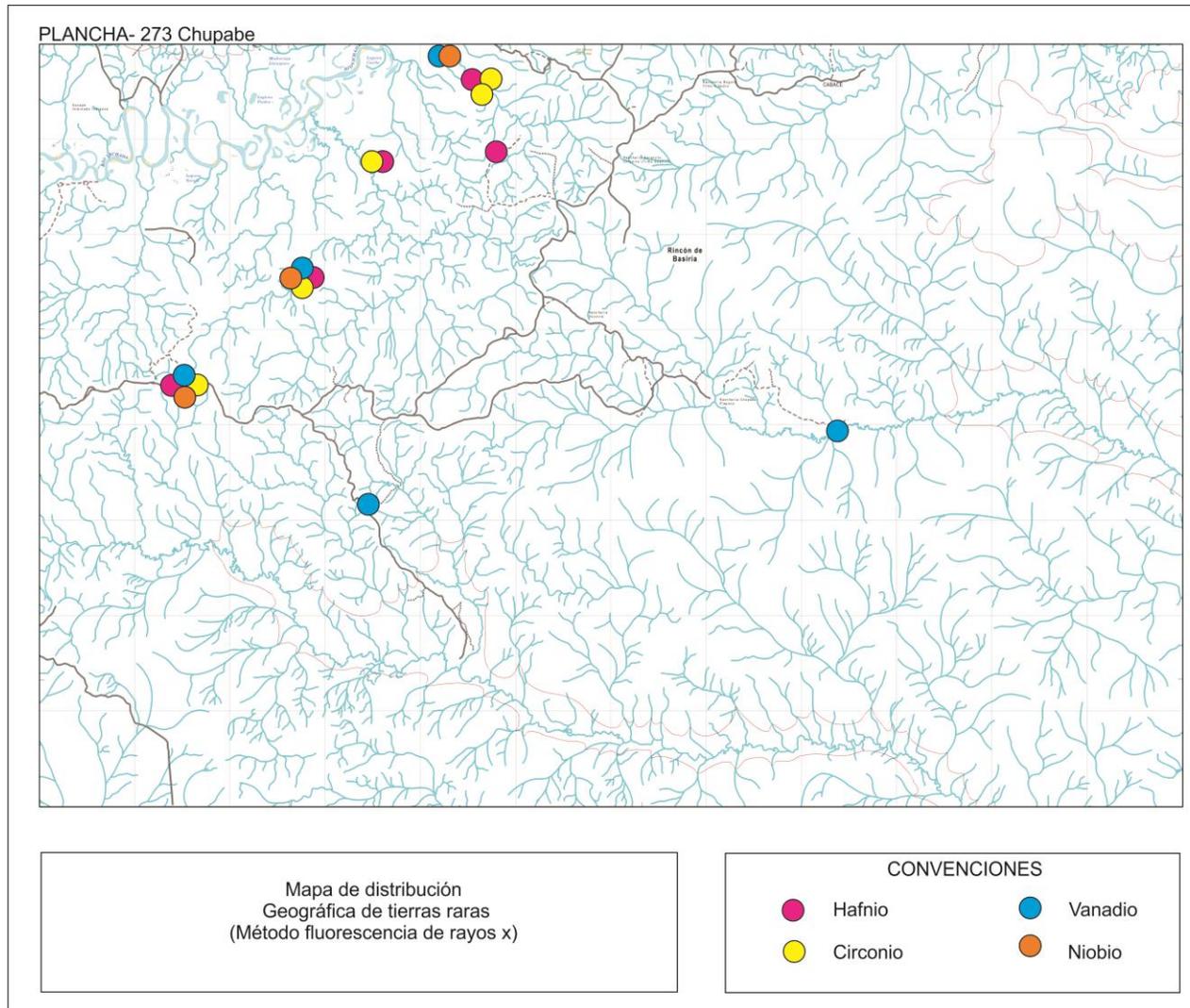


Figura 50. Distribución geográfica de elementos de tierras raras mediante el método de Fluorescencia de Rayos X – FRX elementos menores y trazas.

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 30. Los metales de interés son graficados en la Figura 51, donde se observa que estos elementos metálicos alcanzaron valores significativos en su contenido y entre ellos están: Cromo, Ítrio, Bario, Cesio y Zinc.

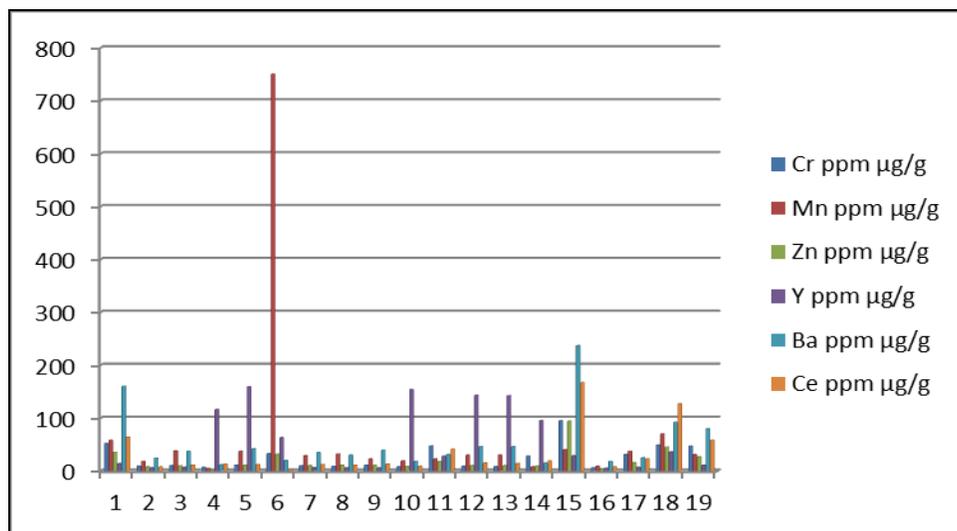


Figura 51. Gráfico estadístico. Diagrama de columnas que indica la distribución de los elementos metálicos y de tierras raras mediante el método ICP - MS.

A continuación se hace una descripción de los elementos metálicos más abundantes en el área de la Plancha 273.

Ítrio (Y):

De todos los elementos el más importante corresponde al Itrio, que hace parte de los elementos de las tierras raras, el cual presenta un contenido promedio total del orden de los 65,3 ppm. Existen cuatro muestras anómalas, las cual se presentan en la Tabla 24.

Tabla 24. Resultados de Itrio (Y)

Muestras	Contenido	Localización	Unidad
EG-142-G; (5,003,987)	159 ppm	Río Cada.	Qac
YPS-008-G; (5,004,001)	154 ppm	Desembocadura Caño Ucuturu al río Cada.	Qac
HDM-013-G; (5,004,024)	143 ppm	Caño Guerra, Comunidad Alto Guerra.	Qac
EG-124-P, (5,003,9869)	116 ppm	Tienda Nueva.	Qcf

Bario (Ba):

El contenido del Bario en las muestras analizadas presenta un promedio total del orden de las 64,3 ppm. Existen dos muestras con resultados significativos en Ba (Tabla 25) así:

Tabla 25. Resultados de Bario (Ba)

Muestras	Contenido	Localización	Unidad
HDM-021-S; (5,004,008).	237ppm	Rincón de Pipirimi-Río Vichada (al oeste de caño Guache).	QII
EG-064-S; (5,003,983).	160 ppm	Caño Chupabe sitio El Tropezón.	Qcf

Cesio (Ce):

El contenido del Cesio en las muestras analizadas presenta un promedio total del orden de las 43,6 ppm. Existen tres muestras con resultados significativos en Ce (Tabla 26), así:

Tabla 26. Resultados de Cesio (Ce)

Muestras	Contenido	Localización	Unidad
HDM-021-S; (5,004,008)	167 ppm	Rincón de Pipirimi-Río Vichada (al oeste de Caño Guache).	QII
HDM-029-S; (5,004,011)	127 ppm.	Carretera Saracure-Tienda Nueva.	QII
EG-064-S; (5,003,983)	64 ppm	Caño Chupabe, sitio El Tropezón.	Qcf

Cromo (Cr):

El contenido de Cromo en las muestras analizadas presenta un promedio total del orden de las 32,8 ppm. Existen tres muestras con resultados que se encuentran por encima de este valor, las cuales se presentan en la Tabla 27, a continuación:

Tabla 27. Resultados de Cromo (Cr)

Muestras	Contenido	Localización	Unidad
HDM-021-S; (5,004,008)	95 ppm	Rincón de Pipirimi-Río Vichada (al oeste de Caño Guache).	QII
EG-064-S; (5,003,983)	52 ppm	Localizada en el caño Chupabe, sitio El Tropezón.	Qcf
HDM-029-S; (5,004,011)	49ppm	Ubicada en la carretera Saracure-Tienda Nueva.	QII

Zinc (Zn):

El Zinc presenta un contenido promedio del orden de los 24,7 ppm y se presenta su mayor contenido en dos muestras (Tabla 28).

Tabla 28. Resultados de Zinc (Zn)

Muestras	Contenido	Localización	Unidad
HDM-021-S; (5,004,008)	94 ppm	Rincón de Pipirimi-Río Vichada (al oeste de Caño Guache).	QII
HDM-029-S; (5,004,011)	45 ppm.	Carretera Saracure-Tienda Nueva.	QII

Al analizar los resultados de las anteriores muestras de sedimentos activos, se encuentra que los valores promedios de los elementos, son: Cromo (32,8 ppm), Ítrio (65,3 ppm), Bario (64,3 ppm), Cesio (43,6 ppm) y Zinc (24,7 ppm). En Cristancho (1989), los elementos del grupo del Lantano presentan valores entre las 50 y 70 ppm, dato según el cual todos estos elementos tienen valores inferiores a los reportados, a excepción del Ítrio y el Bario, los cuales aunque presentan valores dentro del promedio, están muy cercanos al valor máximo normal, con 65,3 y 64,3 ppm en promedio, por lo que podrían analizarse con métodos más precisos para identificar si sus concentraciones podrían estar cercanos a los límites aprovechables.

Además Salinas *et al.* (1999), también han reportado que los elementos del grupo de metales nativos de las regiones del Vichada presentan en sí, un potencial bajo en sus concentraciones.

Contrariamente, Muñoz & Gómez (1997) al definir ambientes geológicos, manifestaciones minerales y depósitos residuales en áreas semejante a las del Vichada, sugieren la existencia de procesos de meteorización, los cuales generan suelos lateríticos residuales que potencialmente pueden contener altos contenidos de metales de hidrosilicatos de níquel y –hacia la superficie– costras y caparazones de Hierro.

Lo anterior indica que, aún con bajos valores, existe la posibilidad de depósitos rentables. Además, estos ambientes geológicos dan buenos indicios de hallar minerales metálicos –como Oro, Estaño, Uranio y Titanio– con potenciales de exploración que actualmente no cuentan con estudio alguno. Igual recomendación se encuentra en el estudio de PRORADAM (1979) (En: INGEOMINAS, 2006), al mencionar que en la región de la Orinoquía y Amazonía existen buenas perspectivas para la exploración de tierras raras para los elementos 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 52.

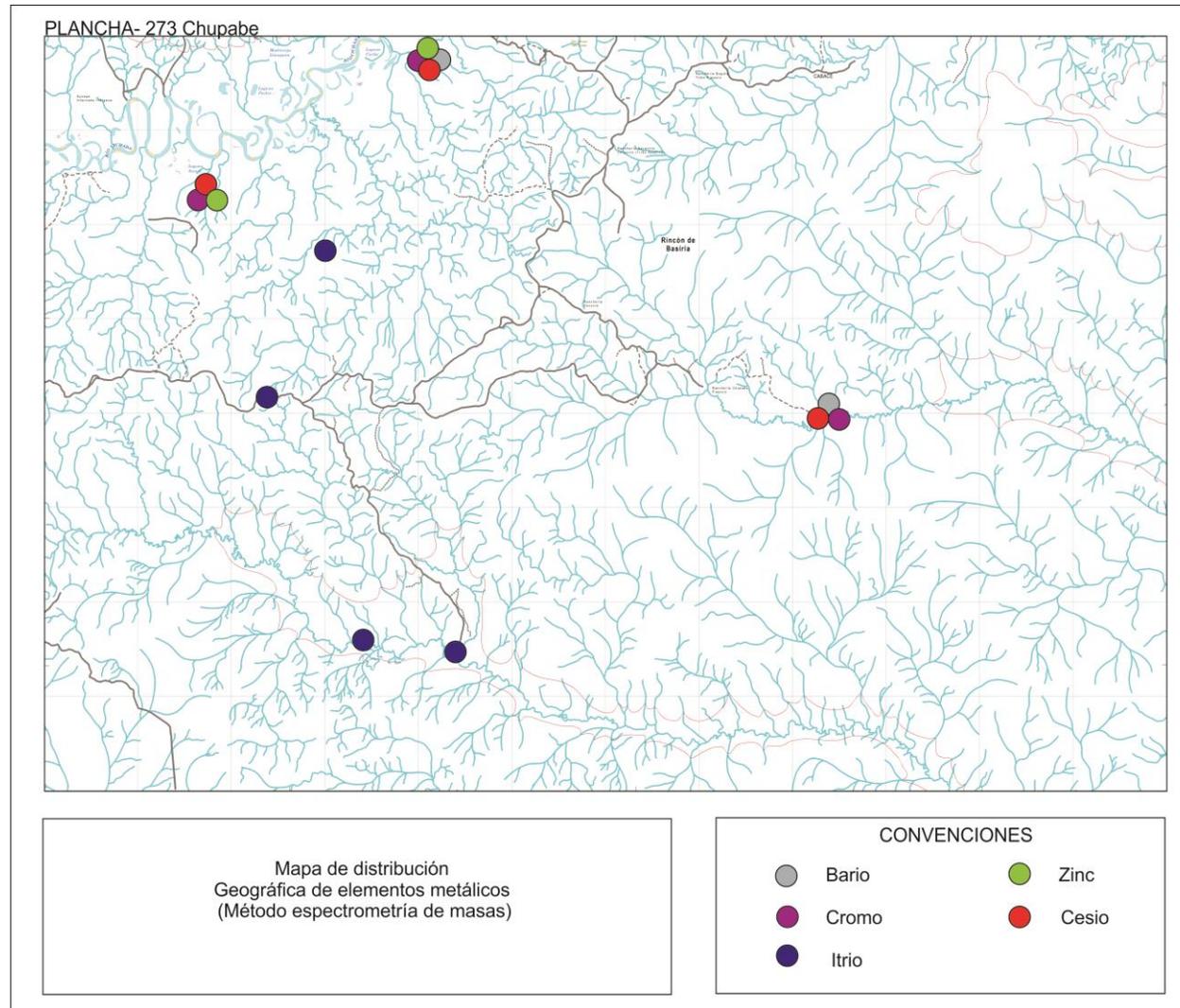


Figura 52. Distribución geográfica de elementos metálicos mediante el método de Espectrometría de Masas con Plasma Acoplado Inductivamente ICP – MS.

Tabla 29. Análisis de muestras con manifestaciones de elementos de Tierras Raras.

Levantamiento de la Cartografía Geológica y Exploración Geoquímica de la Plancha 273 (Chupabe)													
Resultados químicos FRX Elementos Mayores y Menores													
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 ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Zr	V	Nb	Hf	LOI
			Norte	Este	(%)	(%)	(%)	(%)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(%)
36454-I	5003983	EG-064-S	940119	1101857	75.73	1.01	12.62	3.79	820	85	17	19	6.11
36455-I	5003984	EG-088-G	959775	1105540	98.57	0.19	0.59	0.21	452	<9	3	<8	0.40
36456-I	5003985	EG-089-G	959300	1104600	97.94	0.30	0.87	0.29	414	<9	4	8	0.50
37819-I	5004178	EG-115	935797	1077319	78.96	1.02	10.99	3.62	615	95	18	14	5.00
36457-I	5003986	EG-124-P	941017	1071843	99.05	0.17	0.52	<0,10	182	<9	3	<8	0.28
36458-I	5003987	EG-142-G	928044	1076887	97.64	0.39	0.96	0.31	649	9	6	14	0.56
36459-I	5003988	La Primavera	942000	1090000	3.40	<0,04	1.34	81.87	19	41	<2	<8	11.80
36462-I	5003991	JRA-001-G	939832	1102139	97.52	0.34	0.99	0.35	815	11	6	17	0.66
37820-I	5004179	JRA-011-P	941760	1112968	89.12	0.35	1.17	7.47	552	14	6	12	1.55
36470-I	5003999	JRA-034-G	939082	1116659	97.11	0.36	1.21	0.30	467	10	5	9	0.93
36463-I	5003992	YPS-008-G	941083	1109793	97.80	0.38	0.87	0.28	582	11	5	12	0.64
37821-I	5004180	YPS-022-P1	954111	1083788	87.01	0.68	5.86	1.41	928	44	13	21	4.87
37822-I	5004181	YPS-024-P2	952706	1083308	83.06	0.86	9.09	2.61	587	66	17	14	4.06
37823-I	5004182	YPS-024-P3	952706	1083308	84.09	0.88	8.37	2.90	730	72	17	16	3.38
37824-I	5004183	YPS-024-P5	952706	1083308	82.72	0.95	9.81	2.19	576	79	18	14	3.74

Levantamiento de la Cartografía Geológica y Exploración Geoquímica de la Plancha 273 (Chupabe) Resultados químicos FRX Elementos Mayores y Menores													
MUESTRA			COORDENADAS		FLUORESCENCIA DE RAYOS X - FRX ELEMENTOS MAYORES				FLUORESCENCIA DE RAYOS X - FRX ELEMENTOS MENORES Y TRAZAS				GRAVIMETRÍA
					SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Zr	V	Nb	Hf	LOI
ID	REFERENCIA		Norte	Este	(%)	(%)	(%)	(%)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(%)
36476-I	5004005	HDM-010-S	958323	1089688	82.65	0.77	9.00	2.79	675	63	15	16	4.65
36477-I	5004006	HDM-013-G	953024	1077756	98.06	0.37	0.74	0.27	661	9	5	14	0.46
36477-I D	5004006	HDM-013-G	953024	1077756	97.98	0.38	0.76	0.29	655	9	5	14	0.49
36478-I	5004007	HDM-020-G	949531	1086948	90.16	0.47	4.92	1.80	404	38	9	<8	2.65
36479-I	5004008	HDM-021-S	959444	1080908	53.74	1.19	24.81	3.40	215	142	20	<8	15.89
36480-I	5004009	HDM-022-G	957963	1082626	98.24	0.14	0.53	0.16	158	<9	2	<8	1.01
36481-I	5004010	HDM-023-S	957659	1082566	84.22	0.75	7.17	2.69	1005	57	14	21	4.99
36482-I	5004011	HDM-029-S	951296	1068917	67.18	1.08	15.13	3.78	433	94	18	11	12.30
37825-I	5004184	HDM-033-P3	942019	1067981	65.68	1.45	17.22	7.12	990	128	28	23	7.07
37825-I D	5004184	HDM-033-P3	942019	1067981	65.73	1.44	17.23	7.06	934	128	33	24	7.08
37826-I	5004185	HDM-032-P2	947656	1074361	67.27	1.61	19.23	3.25	1066	142	31	25	6.41
37827-I	5004186	HDM-015-P	953902	1078625	89.07	0.66	4.68	2.34	2344	70	13	48	2.75
37828-I	5004187	HDM-033-P1	942019	1067981	89.62	0.56	5.32	1.92	679	44	12	13	2.05
36513-I	5004042	VEA-047	941867	1060015	79.56	0.98	9.90	3.41	781	78	18	17	5.74

Tabla 30. Análisis de muestras con manifestaciones de elementos de Tierras Raras.

Levantamiento de la Cartografía Geológica y Exploración Geoquímica de la Plancha 273 (Chupabe) Resultados químicos Espectrometría de Masas con Plasma Acoplado Inductivamente - ICP-MS -																							
MUESTRA		COORDENADAS		MÉTODO: ESPECTROMETRIA DE MASAS CON PLASMA ACOPLADO INDUCTIVAMENTE - ICP-MS -																			
ID	NUMERO DE CAMPO	Norte	Este	Sc	Cr	Mn	Ni	Cu	Zn	Ga	Rb	Sr	Y	Ba	La	Ce	Nd	Pb	Th	U			
				ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
				µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g
36454 I	EG-064-S	940119	1101857	12	52	58	7.6	23	35	18	26	59	14	160	29	64	24	16	10	2.0			
36455 I	EG-088-G	959775	1105540	1.1	9.3	18	0.70	5.4	7.9	0.63	3.5	6	6.1	24	4	8	2.7	1.3	2.1	0.41			
36456 I	EG-089-G	959300	1104600	1.4	10	38	1.0	6.7	9.7	0.98	5.6	9	7.2	37	5.5	11	4.0	2.1	2.4	0.48			
36457 I	EG-124-P	941017	1071843	0.75	7.1	5.0	0.30	4.0	2.2	0.27	2.3	9	116	12	6.3	13	4.0	4.6	1.9	0.27			
36458 I	EG-142-G	928044	1076887	1.7	11	37	0.80	7.2	11	1.1	5.3	8	159	42	6	12	4.2	2.3	2.9	0.63			
36459 I	La Primavera	942000	1090000	25	33	750	1.1	15	32	2.1	0.9	1	63	20	1.5	3	1.4	6.3	1.9	2.3			
36462 I	JRA-001-G	939832	1102139	1.5	9.9	29	1.0	6.6	10	1.2	4.0	7	6.6	35	6	12	4.8	3.5	3.6	0.85			
36463 I	YPS-008-G	941083	1109793	1.3	8.8	32	0.80	6.5	11	1.0	3.9	7	6.0	30	5	11	4.3	4.0	3.1	0.63			
36470 I	JRA-034-G	939082	1116659	1.5	11	23	1.1	6.6	11	1.5	5.1	8	6.0	39	6	13	4.9	4.1	3.5	0.75			
36472 I	YPS-008-G	941083	1109793	1.1	7.9	19	1.2	5.1	8.5	0.92	2.0	6	154	18	4	9	3.5	3.1	2.8	0.61			
36476 I	HDM-010-S	958323	1089688	6.4	47	23	6.4	14	18	12	4.9	25	28	31	18	41	16	10	11	1.7			
36477 I	HDM-013-G	953024	1077756	1.3	9.0	30	0.60	6.5	10	0.78	4.4	8	143	46	7	15	6.1	4.1	3.8	0.86			
36477 I	HDM-013-G	953024	1077756	1.2	8.3	30	0.60	6.5	10	0.75	4.1	8	142	46	7	14	5.6	4	3.7	0.87			
36478 I	HDM-020-G	949531	1086948	3.3	28	8.0	3.0	9.6	9.3	6.1	3.4	11	95	15	9	19	7.6	5.3	6.9	0.97			
36479 I	HDM-021-S	959444	1080908	19	95	40	28	43	94	30	38	70	29	237	67	167	68	39	23	5.1			
36480 I	HDM-022-G	957963	1082626	0.63	6.0	9.0	0.50	3.8	4.2	0.42	1.8	5	5.2	18	4	8	3.2	2.8	2.1	0.33			

Levantamiento de la Cartografía Geológica y Exploración Geoquímica de la Plancha 273 (Chupabe)
Resultados químicos Espectrometría de Masas con Plasma Acoplado Inductivamente - ICP-MS -

MUESTRA		COORDENADAS		MÉTODO: ESPECTROMETRIA DE MASAS CON PLASMA ACOPLADO INDUCTIVAMENTE - ICP-MS -																	
ID	NUMERO DE CAMPO			Sc	Cr	Mn	Ni	Cu	Zn	Ga	Rb	Sr	Y	Ba	La	Ce	Nd	Pb	Th	U	
		Norte	Este	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm		
				µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g		
36481 I	HDM-023-S	957659	1082566	6.3	31	37	5.4	15	16	8.3	3.5	16	7.2	25	11	23	8.3	7.2	8.9	1.7	
36482 I	HDM-029-S	951296	1068917	13	49	70	12	32	45	19	21	31	36	92	39	127	46	29	16	3.3	
36513 I	VEA-047	941867	1060015	8.8	47	31	7.4	19	27	12	15	37	11	80	25	58	23	14	13	2.9	

8.2 MATERIALES DE CONTRUCCIÓN

Los materiales de construcción son extraídos de diversos sectores de la Plancha 273 y principalmente de la cuenca del río Vichada y parte alta del río Cada y caño Chupabe, de donde se extraen gravas y arenas que son utilizados como materiales de construcción.

Las principales zonas de extracción se encuentran en las zonas de arrastre, los depósitos aluviales y terrazas bajas del río Vichada y los caños Cada y Chupabe.

En este proyecto se efectuó análisis de granulometría (Anexo D5 y Tabla 31), encontrando que varias muestras presentaron tendencias; de tamaño grava en un 31% y en tamaño arena de grano medio a grueso en un 94%, correspondiente a las unidades Qcf y Qpe.

Tabla 31. Ensayo granulométrico para fuentes agregados

ENSAYO DE GRANULOMETRÍA DE AGREGADOS Plancha 273 (Chupabe)						
CONSECUTIVO SGC	N.º CAMPO	PLANCHA	COORDENADAS		LOCALIZACIÓN	ANÁLISIS
			NORTE	ESTE		
5,004,178	EG-115	273-III	935,797	1,077,319	Vía Chupabe-Puerto Lindo	89,01% Arena
	HDM-024	273-I	947,005	1,086,183	Carretera Canaán-Chupabe	64,4% Grava y 31,6% Arena
	HDM-036	273-I	939,839	1,074,139	Comunidad Indígena El Mamoyal (Quebrada Manouba)	94,7% Arena
	YPS-015	273-I	942,058	1,088,407	Carreteable Vía Bambú - Chupabe	83,1% Grava y 15,6% Arena

8.3 MINERALES DE HIERRO Y ALUMINIO

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

En cuanto a los resultados obtenidos de las veintinueve muestras de Hierro y Aluminio, se encontraron los siguientes valores: en Fe_2O_3 se obtuvo un

promedio de 5,1%, y en Al_2O_3 un valor de 6,76% (Figura 48 y Figura 47, respectivamente). Al comparar estos valores, con los de INGEOMINAS (2006), se encuentra que el Fe_2O_3 , tiene valores entre 16 al 48% y el Al_2O_3 , presenta valores entre 5.5 a 17%. Esto indica que la bauxita entra dentro del rango de aceptables. En tanto que el Fe_2O_3 arrojó un valor que se encuentra por debajo de lo reportado por INGEOMINAS,

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

9. AMENAZAS NATURALES

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

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

En el área de la Plancha 273, 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.

Este fenómeno produce el desbordamiento de ríos, pues se excede la capacidad de sus canales para conducir agua, desbordándose hacia las márgenes del mismo, como consecuencia de la excesiva escorrentía resultante de las fuertes precipitaciones, lo que conlleva a que grandes extensiones de

terrenos bajos y altos se vean inundados durante los periodos invernales, alcanzando áreas pobladas, cultivos y 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 Vichada, Cada y caño Chupabe , 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 53), se muestran los procesos de erosión productos de fuerte temporadas de lluvias en las áreas de la plancha 273.



Figura 53. Sector de la cuenca alta del río Cada, donde la región es susceptible a inundaciones. EG-142. Coordenadas N: 928,044 E: 1,076,887

Las inundaciones ocurren periódicamente en el área de estudio como producto de las fuertes lluvias que constituyen el periodo invernal típico de la región, con una temporada húmeda que comprende los meses de abril a octubre. La parte baja de los ríos, quebradas y caños, se caracteriza por presentar una zona inundable que sirve de amortiguación natural para esta época de aguas altas (Carvajal, 2012).

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 273 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, tienen 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 273, se presentan diversos tipos de erosión, entre los que sobresalen: la erosión fluvial lateral y el carcavamiento.

9.2.1 Erosión fluvial lateral

Este tipo de procesos ocurre cuando en las márgenes del río se presentan partes cóncavas y convexas, lo que hace que el flujo de agua en la parte cóncava genere erosión, mientras que en la parte convexa se genere depositación. La erosión de este tipo genera desprendimiento de las márgenes de los ríos, provocando deslizamientos y zonas de inestabilidad que pueden afectar a las poblaciones ubicadas en cercanías de éstos.

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 lluvia. En la Plancha 273, en la vía San José de Ocuté – Chupabe, en la entrada de la Finca San Marcos (cabecera Quebrada San Marcos), donde se presentan procesos de erosión lateral, carcavamiento y desprendimiento de detritos en la cárcava (Figura 54).



Figura 54. Procesos erosivos y formación de flujos de detritos en los depósitos no consolidados de horizontes arena poco consolidada de tamaño de grano fino a medio de forma subangular con abundante arcilla de color café. En cabecera de la quebrada San Marcos (entrada de la finca San Marcos). HDM-010. Coordenadas N: 958323, E: 1089688, Cota: 176 m.s.n.m

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 la Red Sismológica Nacional de Colombia.

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

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

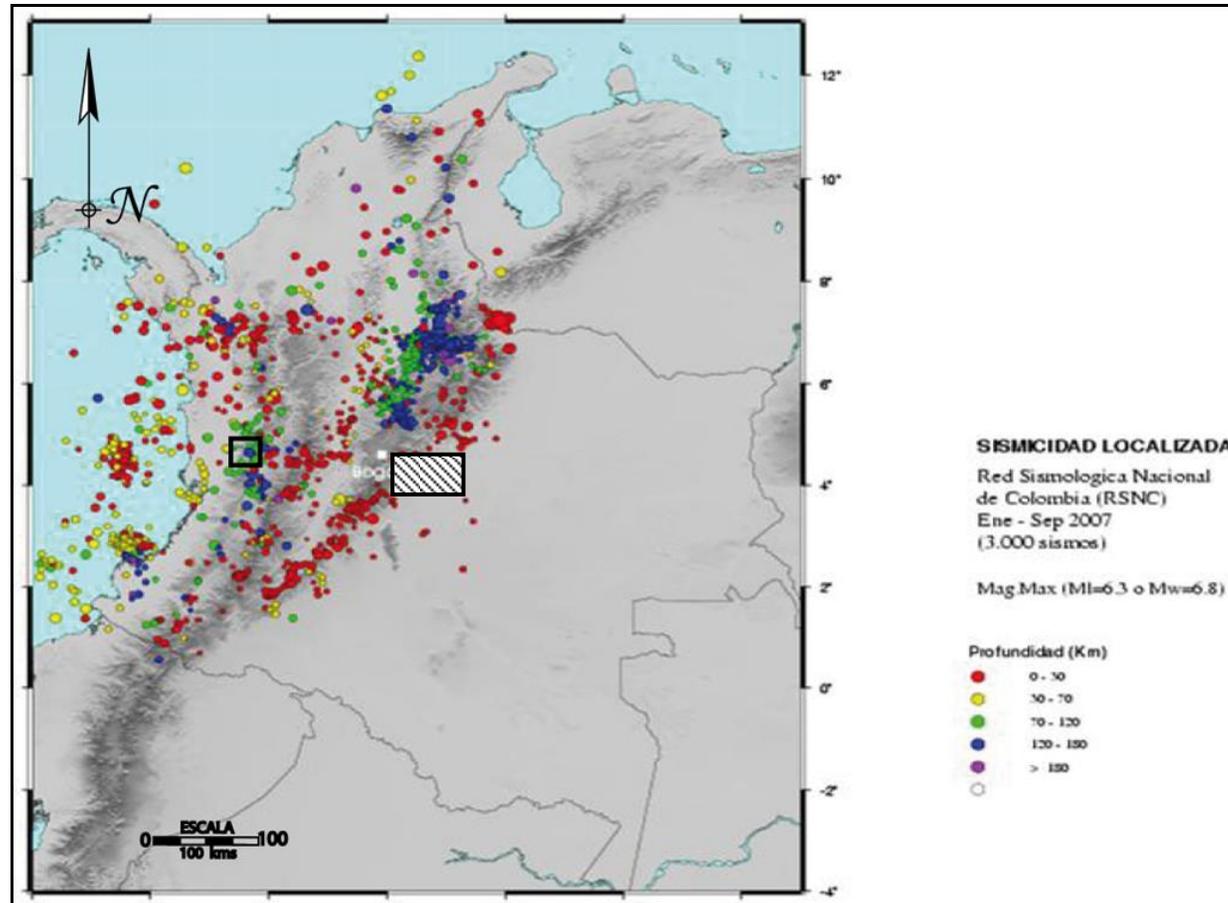


Figura 55. Mapa de Focos Sísmicos de Colombia. El área de estudio (Departamento del Vichada), se encuentra en el rectángulo negro.

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.

En concordancia con lo anterior, este informe reporta aquellos sitios que por sus características merecen ser catalogados dentro del Patrimonio Geológico del departamento, 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 273 del departamento del Vichada.

10.1 FUNDAMENTO TEÓRICO

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

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

En este trabajo los puntos o lugares de interés geológico son aquellos que poseen componentes fundamentales de Patrimonio Geológico y corresponden a aquellos sitios en que afloran –o son visibles– los rasgos geológicos más característicos y representativos de la Plancha 273 del departamento del Vichada. Su estudio, inventario, divulgación y protección, es de gran importancia, dado que, además de su degradación casi siempre irreversible, su conocimiento y cuidado es considerado como una característica de los países culturalmente avanzados, formando una parte fundamental de su patrimonio cultural. En este sentido es importante recordar y resaltar, cómo algunas singularidades geológicas determinan la organización social y buena parte del

desarrollo y enriquecimiento económico, cultural y científico de las poblaciones y entornos donde este Patrimonio Natural se manifiesta.

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

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

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

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

10.2 CATEGORÍAS DE CLASIFICACIÓN DE LOS GEOTOPOS

Las Categorías de Clasificación de los Geotopos más representativos, se basa en la propuesta de Wimbledon (1996), modificada en Pesciotti (2001), donde se incluyen y definen las categorías de clasificación así: el grado de importancia de los Geotopos propuestos varía en una escala de 1 a 5, entre moderadamente importante, importante, normal, muy importante y extremadamente importante; siendo éste último el de mayor valor. Para lo cual, en la Tabla 32, se presenta la clasificación de geotopos 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
GEO TOPO ESTRATIGRÁFICO	Secciones Estratigráficas. Tipos de contactos que ilustren cambios en los ambientes geológicos. Secciones con particulares estructuras sedimentarias.
GEO TOPO GEOMORFOLÓGICO	Zonas que ilustren procesos geomorfológicos tales como: Glaciares, cársticos, volcánicos, eólicos, fluviales, lacustres, erosivos y expresiones paisajísticas.
GEO TOPO ESTRUCTURAL – TECTÓNICO	Fallas de importancia particular Pliegues, sistemas de pliegues, overthrust. Estructuras de particular interés y singularidad.
GEO TOPO HIDROGEOLÓGICO	Manantiales de agua, Sumideros, Cuencas Hidrográficas. Corrientes Subterráneas, Importantes manantiales por la química del agua.
GEO TOPO PETROGRÁFICO Y MINERALÓGICO	Depósitos minerales sin importancia económica. Depósitos minerales con importancia económica Deposito minerales raros.
GEO TOPO PALEONTOLÓGICO	Depósitos de Fósiles Invertebrados. Depósitos de Fósiles Vertebrados. Depósitos de Fósiles de Plantas.
GEO TOPO DE MUSEOS Y COLECCIONES	Principales museos científicos en el área de investigación.

Dadas las características de la Plancha 273, el geotopo Estructural – Tectónico y 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 representa las localidades tipo y de referencia más representativa 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 observaron rasgos sedimentarios que permitieron la identificación de estos depósitos asociados a costras ferruginosas (Anexos E). Dichas costras se encuentran continuas en algunos sectores, en fragmentos arriñonados sobre la superficie de colinas principalmente o embebidos en una

matriz arcillosa (Figura 56), así como en bloques de hasta 60 cm donde se aprecia estratificación cruzada en su interior.

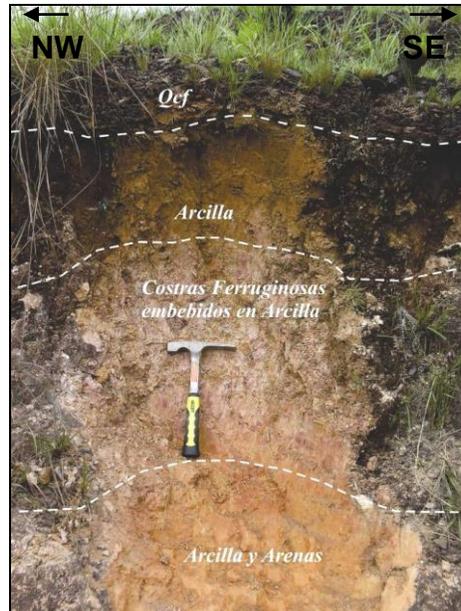


Figura 56. Apique "El Arenal" Junto comunidad La Loma del Arenal, donde se observa en la parte inferior material arcilloso con presencia de arenas muy finas, seguido de costras ferruginosas embebidas en arcillas, luego sobre ellas se aprecia arcillas de tonalidad amarillenta, las cuales finalmente son cubiertas por costras ferruginosas fragmentadas, las cuales se encuentran en la superficie de las colinas. YPS-012. Coordenadas N: 945252, E: 1089613, Cota: 201 m.s.n.m.

Adicionalmente, en la zona se observan depósitos asociados a la actividad fluvial del río Vichada principalmente (que aunque ocupa una pequeña proporción de la plancha es el río más grande que pasa por esta), así como a otros drenajes menores como el caño Chupabe y el río Cada.

En el caso del registro estratigráfico del caño Chupabe, se observa que en algunos sectores hay capas de lodolitas arenosas con intercalaciones de limolitas y areniscas finas a muy finas con estratificación cruzada. Las capas limosas presentan laminación ondulosa, las cuales son aproximadamente horizontales y –al parecer– tiene plegamientos muy suaves a lo largo del trayecto recorrido del caño. La importancia estratigráfica de los ríos y caños de la región, radica en que estos representan ejemplos de procesos de depositación en ambientes fluviales meandriformes modernos (Figura 57).



Figura 57. Depósitos de lodo y arena muy fina con laminación cruzada en capas de 2 a 4 cm de espesor. Margen del caño Chupabe. JRA003. Coordenadas N= 939847, E= 1104993, Cota= 154 m.s.n.m.

10.2.2 Categoría petrográfica y mineralógica

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

El departamento del Vichada en su Plancha 273 presenta características petrográficas y mineralógicas de importancia que se destacan tanto para el interés científico como para la exploración mineral (Anexo E), los cuales hacen parte de los resultados presentados dentro del presente proyecto. Las láminas analizadas para esta plancha son clasificadas principalmente como litoarenitas ferruginosas de grano medio y sublitoarenitas ferruginosas de grano fino.

Se destaca que las láminas están compuestas principalmente por un esqueleto super maduro, a base de granos de cuarzo y fragmentos líticos como cuarcitas, cuarzo de veta, cuarzoarenitas de grano muy fino, limolitas y lodolitas cuarzosas y ferruginosas, y –en menor proporción– chert . Algunas secciones muestran el fracturamiento interno de los granos.

En algunas muestras se observa cómo la diagénesis química sufrida por la roca produjo precipitación de óxido de hierro en forma de hematita, aglutinando los granos que conforman el esqueleto de la roca. Posteriormente, la hematita fue lixiviada por aguas meteóricas dejando una coraza de goethita o limonita

alrededor de los granos. En algunos sectores donde la disolución no fue tan intensa, se observan parches del cementante y –en consecuencia– menor porosidad. La porosidad es principalmente secundaria intergranular, además de intragranular y móldica.

10.2.3 Categoría geomorfológica

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

En el área de la Plancha 273, se presentan fuertes evidencias de procesos aluviales relacionados con el drenaje principal del departamento -como es el río Vichada-, así como de sus afluentes, el río Muco y el caño Guacamayas, y su influencia en la depositación de sedimentos durante la migración del mismo. Los geotopos de las geoformas descritas (Anexos E), permiten observar principalmente variaciones en el paisaje relacionado a la dinámica fluvial y a los contrastes de vegetación entre sabanas y zonas más selváticas.

Además se observa la presencia de geoformas como colinas, las cuales se encuentran asociadas a costras ferruginosas (Qcf) y zonas llanas de las llanuras de inundación (Qll), con dominio en grandes áreas del paisaje entre colinas, por un material areno-arcilloso (Figura 58).



Figura 58. Carretera Tienda Nueva – Mereyal. Terreno ondulado con presencia de colinas. HDM026. N= 942.395, E= 1065.935, Cota=172 m.s.n.m.

Asimismo, se observan extensas planicies (Figura 59) con terrenos llanos conformados por arenas poco consolidadas de tamaño de grano medio a fino, de forma principalmente subangular en una matriz lodo-arcillosa, bien seleccionada (Qpe).



Figura 59. Panorámica donde se muestra una llanura extensa (Qpe), ausencia de colinas. Carretera principal San José de Ocuté – Chupabe, en la entrada de la finca San Marcos. HDM-010. N= 958323, E= 1089688, Cota=176 m.s.n.m.

10.2.4 Categoría hidrogeológica

Estos Geotopos reúnen las principales corrientes superficiales y subterráneas modeladoras del paisaje de una región. Además de los manantiales y sumideros.

El territorio del Vichada presenta abundantes recursos hídricos y su red hidrográfica se encuentra conformada por numerosos ríos, quebradas, y corrientes menores, destacándose la importancia de la cuenca del río Vichada y Cada y caño Chupabe. Las zonas de inundación de estos afluentes así como sus corrientes menores, generan en épocas de invierno zonas pantanosas de gran extensión, así como otras manifestaciones asociadas a ellas (Figura 60)



Figura 60. Margen izquierdo del caño Chupabe, con barras laterales de arena fina JRA-025. Coordenadas N= 921569, E= 1151298, Cota= 140 m.s.n.m.

10.2.5 Categoría paleontológica

Se agrupan en esta categoría los geotopos con contenido fosilífero de especies de vertebrados, invertebrados y vegetales.

En esta categoría se presentan –dentro de la zona de estudio– localidades con presencia de Xilópalos de tamaños de hasta 10 cm (Anexo E), con variaciones de densidad y de tonalidades oscuras (Figura 61).



Figura 61. Comunidad el Mamoyal cercano al caño Maouba. En este punto se observan fragmentos de costras ferruginosas de 2 a 4 cm de diámetro. También se observan costra de mayor tamaño de 20 a 40 cm, las cuales tiene en su interior xilópalos. HDM-036. Coordenadas N= 939839, E= 1074136, Cota= 208 m.s.n.m.

11. EVOLUCIÓN GEOLÓGICA

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

Dentro del marco geológico en que se ha definido a la cuenca de los Llanos Orientales, ésta corresponde a un sistema continental de antepaís (Bayona *et al.*, 2008), cuyos límites geológicos han sido señalados por Cooper *et al.* (1995) de la siguiente forma: al occidente se encuentra el sistema de fallas del piedemonte llanero y al oriente se localiza el Escudo de la Guyana (Figura 62).

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 remanes del Escudo de la Guyana y a rocas provenientes de la Cordillera Oriental (Figura 62).

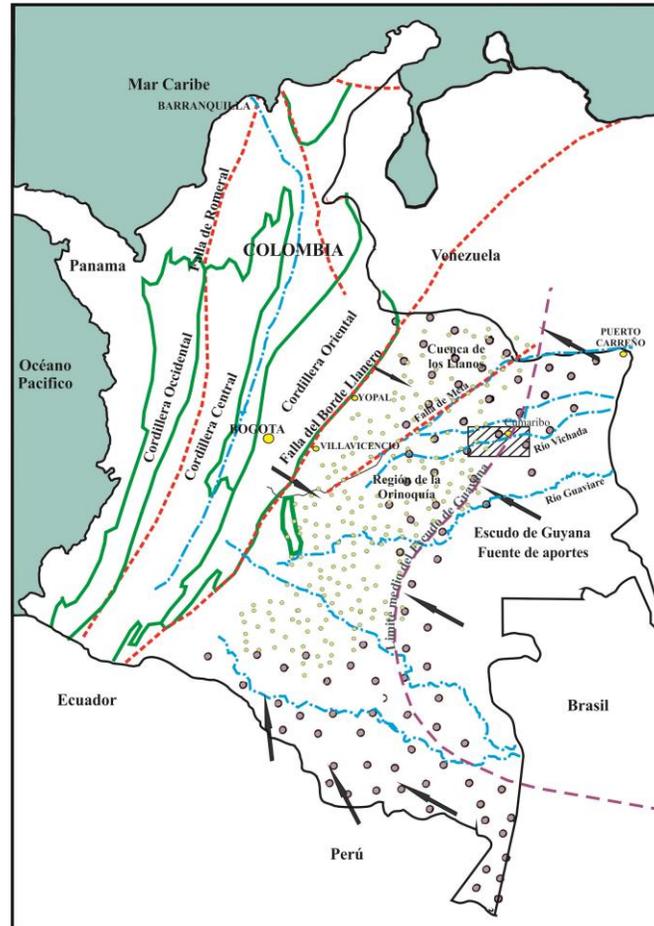


Figura 62. Configuración actual de la cuenca de los Llanos Orientales (Esquema de propuesta para este trabajo).

11.1 PRECÁMBRICO

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

Galvis & Perilla (2001), mencionan que durante el Proterozoico tardío acontece una sedimentación continental y volcánica, lo que produjo en las rocas granitización por procesos de migmatización. También mencionan que los

cerros del Carajo y Bitá, fueron levantados por efectos intrusivos, pero sin presentar indicios de metamorfismo ni de plegamiento. De igual forma, INGEOMINAS (2006) reporta que, hacia el Proterozoico, se dieron emplazamientos de pegmatitas y filones de cuarzo cortando al Granito Parguaza, intrusiones ocurridas en las fases tardías de la cristalización del granito.

11.2 PALEOZOICO

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

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

11.3 MESOZOICO

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

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

11.4 CENOZOICO

Cooper *et al.* (1995), definen que entre el Mesozoico y Cenozoico, se presenta un hiatus de unos 14 m.a., y, sobre esta superficie, se encuentran litologías del Paleoceno, las cuales están expuestas en zonas del Occidente de la Orinoquia, pero es altamente probable que se encuentren cubiertas hacia las zonas del Vichada, tal como lo presenta Irving (1971), en sus cortes estructurales; y que para Cooper *et al.* (1995), estos sedimentos corresponden a la Formación Mirador y sobre esta unidad estratigráfica se encuentra la Formación Carbonera, conformadas por conjuntos de arcillas y areniscas.

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

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

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

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

Bayona *et al.* (2008), mencionan que la Formación Guayabo, estudiada en el pozo Saltarín-1A en cercanías de la localidad de Tres Matas, presenta un espesor de 440 m, ellos dividen la unidad en seis (6) miembros informales entre el G1 y el G6. También mencionan que los miembros G5 y G6 (Mioceno Medio a Tardío?), corresponden a depósitos uniformes de llanuras aluviales a fluviales que, por la carga de sedimentos recibida, registran una espesa sucesión de paleosuelos y migración de canales meándricos hacia el tope de la unidad. En cuanto a la composición litológica, también mencionan que el miembro G5 presenta litoarenitas feldespáticas y lodolitas arenosas con restos de materia orgánica, mencionando al Escudo de la Guyana como fuente de aportes. Para el miembro G6, define que la composición consta de cuarzoarenitas deleznable de pobre selección y lodolitas varicoloreadas con restos de esferulitas ferruginosas con materia orgánica y sin minerales inestables, teniendo como fuente de aportes, según los autores, a la Cordillera Oriental y a los procesos pedogenéticos.

11.5 MARCO GEOLÓGICO LOCAL

Para este trabajo de cartografía geológica, la evolución geológica fue establecida a partir de estudios anteriores de geología, fotointerpretación, trabajo de campo y análisis petrográficos, que junto con los resultados de palinología obtenidos tras el estudio, se pudo determinar que las unidades del área registran una edad de Pleistoceno-Holoceno (Figura 16).

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 geomorfológicas 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 estas unidades son altamente deleznales, 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, Bitá y Meta (Galvis & Perilla, 2001), así como también en el 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 de este 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 que este depósito ha sido y está siendo localmente fosilizado –en parte– por sedimentos provenientes de su propia erosión, conformando así penillanuras locales de formas aisladas, las cuales pueden presentar superficies erosivas algunas de las cuales pueden ser evidenciadas debido 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 haya podido presentar amalgamamiento 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 agentes determinantes del rasgo geomorfológico se encontraron el clima y la 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. 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 273.

La red hidrográfica de la Plancha 273 está conformada principalmente por el río Vichada, el cuál aparece en la esquina nor-oriental la plancha, aunque existen también otras fuentes hídricas importantes, como los caños Cada y Chupabe, y otros que numerosos que drenan hacia éstos y hacia el río Vichada. Éstos cauces, además de proporcionar alimento y agua a los pobladores de la región, 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, sobre todo al norte del cauce del río Vichada; pues al sur del mismo se encuentra una vegetación boscosa que empalma con la vegetación de la selva amazónica. Este tipo de vegetación es de gran importancia para la región, ya que ayuda a la preservación de las fuentes hídricas y al almacenamiento de agua en períodos secos, evitando la erosión y lavado de los suelos; además, es un espacio natural que sirve de hábitat para diferentes especies nativas y también funcionan como lugar de paso de diversas aves migratorias, que encuentran en él refugio y alimento. En adición a esto, los morichales representan una asociación vegetal endémica, que ofrece un paisaje natural único en el país, pudiendo significar una excelente oportunidad ecoturística para la región.

Durante el levantamiento cartográfico, se establecieron alrededor de 169 estaciones, se tomaron 47 muestras y se elaboró un registro fotográfico de la zona, que permitió gran cubrimiento del área. Igualmente, se alcanzaron importantes datos de geoquímica, palinología, petrografía y granulometría, entre otros. También se levantaron 8 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 273 (Chupabe), se analizaron las diferentes unidades de origen fluvio-aluviales como son: llanuras y planos de inundación fluvial, barras puntuales, paleocauces, meandros, meandros abandonados, cuencas de decantación o planos inundables, cuencas de decantación activa, zonas de erosión fluvial acentuada y terrazas aluviales del río Vichada, y de los caños Cada y Chupabe principalmente. Asimismo, las lagunas o madre viejas de mayor importancia como son las de Llanaparo, El Caribe, Apiney, Lagunepiedra y saracure. También se definieron las unidades de origen denudacional, identificadas como: altillanuras disectada, altillanuras plana, altillanuras con crestas planas, costras y capas de óxidos de hierro, y altillanuras en detritos continentales. También se definieron rasgos geomorfológicos y unidades geomorfológicas de origen eólico.

Se identificaron cuatro unidades litoestratigráficas denominadas de la siguiente manera:

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

La distribución de las unidades cartografiadas en la Plancha 273, queda de la siguiente manera; Los Sedimentos pedogenizados asociados a costras ferruginosas (Qcf), presentan intercalaciones de capas horizontales de arenitas y arcillolitas con niveles de costras ferruginosas que tienen gran extensión y ocupan la mayor de la plancha y el depósito alcanzan espesores hasta de 10 metros. Estos depósitos se encuentran surcados por los ríos Cada y caño Chupabe 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 (QII) ubicados en gran parte de la plancha a lo largo de ríos Vichada, Cada, Dume y Chupabe. En cuanto a los depósitos de Sedimentos de penillanuras eólicas (Qpe) estos se conforman por 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 273, se definieron de la siguiente manera; Con datos de campo se dedujo el sinclinal de Bopone-Cumaribo, cuyo trazo presenta un rumbo casi constante de N30°E a N35°E y su núcleo exhibe afloramientos de rocas asociadas a las costras ferruginosas. Con fotointerpretación se determinaron los lineamientos del río Cada, Dume, Muco-Chupabe y lineamiento del río Vichada. De otro lado para la definición de los sistemas de fallas, ésta se hizo con interpretación sísmica, de donde se dedujeron las falla de San José de Ocué.

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 273 (Chupabe), los elementos Mayores con contenidos anómalos de Tierras Raras, fueron determinados mediante el método de Fluorescencia de Rayos X - FRX fueron los siguientes:

- El TiO_2 registra un valor del 0.69%, 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 83%, es decir, presenta una concentración alta.
- El Al_2O_3 , tienen valor de 6.7%, lo que hace que sea un valor representativos y entran dentro del rango de aceptables. El Fe_2O_3 arrojó un valor de 5.1%, el cual se encuentra en el rango aceptable según lo reportado por (INGEOMINAS 2006).

En el análisis de las 30 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 666 ppm
- El Vanadio tuvo un promedio de 61.5 ppm
- El Niobio tuvo promedio de 12.6 ppm.
- El Hafnio tuvo promedio de 16.8 ppm

Los anteriores resultados indican que son valores medios 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 (65 ppm),
- El Bario tuvo promedio de de (64 ppm),
- El Cesio tuvo promedio de (43 ppm)
- El Cromo tuvo promedio de (32 ppm)
- El Zinc tuvo promedio de (24 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 273, 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 amalgamamiento 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 273, 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 dimensionar la verdadera potencialidad minero-energética 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 del 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 Intevp. 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. Ingegmet. 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 Bitá; 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.; HOOGHMSTRA, 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.
- MUÑOZ 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 environnementale du territoire 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.

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