



Libertad y Orden

SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO

***CARTOGRAFIA GEOLÓGICA PLANCHA 255 (CUMARIBO)
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 255 (CUMARIBO)
BLOQUE 9 – DEPARTAMENTO DEL VICHADA***



GEOREXP S.A.S

Bogotá, diciembre de 2012

CONTENIDO

	Pág.
LISTA DE FIGURAS	6
LISTA DE TABLAS	10
LISTA DE ANEXOS	12
RESUMEN	13
ABSTRACT	15
INTRODUCCIÓN	17
1. GENERALIDADES	19
1.1 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA	19
1.2 VÍAS DE COMUNICACIÓN	20
1.3 RELIEVE	22
1.4 CLIMA	22
1.5 HIDROGRAFÍA	22
1.5.1 Río Vichada	23
1.5.2 Caño Yubi	23
1.5.3 Caño Arreita	23
1.5.4 Caño Malicia	23
1.6 VEGETACIÓN	24
1.7 POBLACIÓN	24
1.8 ECONOMÍA	24
2. METODOLOGÍA	25
2.1 REVISIÓN Y DIAGNÓSTICO DE LA INFORMACIÓN	25
2.1.1 Información geológica	25
2.1.2 Información cartográfica	28
2.1.3 Información topográfica	28
2.1.4 Interpretación y elaboración de mapas fotogeológicos	28
2.2 SOCIALIZACIÓN	30
2.3 RESULTADOS DEL TRABAJO DE CAMPO	32
2.3.1 Estaciones geológicas y muestras	32
2.3.2 Columnas estratigráficas	32
2.3.3 Ensayos realizados	33
2.3.4 Registro fotográfico	33
2.4 ELABORACIÓN DE LA MEMORIA GEOLÓGICA	33

3. GEOMORFOLOGÍA	34
3.1 GENERALIDADES	34
3.2 AMBIENTES MORFOGENÉTICOS	35
3.2.1 Unidades geomorfológicas de origen fluvio-aluvial	38
3.2.1.1 Llanuras y planos de inundación fluvial (Flli)	39
3.2.1.2 Barras puntuales (Fbp).....	40
3.2.1.3 Paleocauces y meandros (Fpm).....	41
3.2.1.4 Meandros abandonados (Fma)	42
3.2.1.5 Cuencas de decantación o planos inundables (Fcd)	42
3.2.1.6 Cuencas de decantación activas (Fcda).....	42
3.2.1.7 Zona de erosión fluvial acentuada (Fze).....	43
3.2.1.8 Terrazas aluviales (Ft).....	43
3.2.1.9 Terrazas aluviales altas (Fta)	43
3.2.1.10 Terrazas aluviales bajas (Ftb)	44
3.2.2 Unidades geomorfológicas de origen denudacional	45
3.2.2.1 Altillanura disectada (Dad)	45
3.2.2.2 Altillanura plana (Dap)	46
3.2.2.3 Altillanura con crestas planas (Dacp)	46
3.2.2.4 Sedimentos de costras de hierro (DCfe).....	47
3.2.2.5 Altillanuras en detritos continentales (DAC)	47
3.2.3 Unidades geomorfológicas de origen eólico	48
3.2.4 Rasgos geomorfológicos	48
4. GEOLOGÍA	50
4.1 CENOZOICO	53
4.1.1 Neógeno.....	53
4.1.2 Cuaternario	53
5. ESTRATIGRAFÍA	54
5.1 CUATERNARIO: PLEISTOCENO SUPERIOR	57
5.1.1 Unidad de sedimentos asociados a costras ferruginosas (Qcf).....	57
5.2 CUATERNARIO: HOLOCENO	64
5.2.1 Depósitos eólicos (Qe).....	65
5.2.2 Depósitos de penillanura eólica (Qpe).....	68
5.2.3 Depósitos aluviales	73
5.2.3.1 Depósitos de llanura de inundación (QII)	73
5.2.3.2 Depósitos de cauce aluvial (Qac)	75
6. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL	78
6.1 TECTÓNICA	78
6.2 ESTRUCTURAS DE CAMPO	80
6.2.1 Pliegues	82
6.2.1.1 Sinclinal del Boponé – Cumaribo.....	82
6.2.1.2 Anticlinal de Boponé – Achacara.....	82
6.2.2 Fallas.....	83
6.3 LINEAMIENTOS	83

6.4 ESTRUCTURAS DEL SUBSUELO	83
7. GEOQUÍMICA	86
7.1 MUESTREO GEOQUÍMICO	86
7.1.1 Sedimento activo fino	87
7.1.2 Suelo	87
7.1.3 Llanura de inundación	87
7.2 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS GEOQUÍMICOS	87
8. GEOLOGÍA ECONÓMICA	95
8.1 TIERRAS RARAS	95
8.1.1 Fluorescencia de rayos X - FRX elementos mayores y menores.....	95
8.1.1.1 Fluorescencia de rayos X – FRX elementos mayores.	95
8.1.1.2 Fluorescencia de rayos X – FRX Elementos menores y trazas	98
8.1.2 Espectrometría de masas con plasma acoplado inductivamente ICP-MS 103	
8.2 MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN	112
8.3 MINERALES DE HIERRO Y ALUMINIO	112
9. AMENAZAS NATURALES	114
9.1 PROCESOS DE ESCORRENTÍA – INUNDACIONES	114
9.2 PROCESOS EROSIVOS.....	115
9.2.1 Erosión fluvial lateral	116
9.2.2 Carcavamiento.....	116
9.3 AMENAZA SÍSMICA.....	117
10. PATRIMONIO GEOLÓGICO	120
10.1 FUNDAMENTO TEÓRICO	120
10.2 CATEGORÍAS DE CLASIFICACIÓN DE LOS GEOTOPOS	121
10.2.1 Categoría estratigráfica.....	122
10.2.2 Categoría petrográfica y mineralógica.....	124
10.2.3 Categoría geomorfológica	125
10.2.4 Categoría hidrogeológica	126
10.2.5 Categoría paleontológica.....	126
11. EVOLUCIÓN GEOLÓGICA	128
11.1 PRECÁMBRICO	129
11.2 PALEOZOICO	130
11.3 MESOZOICO	130
11.4 CENOZOICO	130
11.5 MARCO GEOLÓGICO LOCAL	132
CONCLUSIONES	134
RECOMENDACIONES	140
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	141

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Mapa de localización del Bloque 9 – Plancha 255 (Cumaribo). Departamento del Vichada.....	20
Figura 2. Panorámica del medio de transporte sobre el río Vichada sector de Copepe.....	21
Figura 3. Mapa hidrográfico de la Plancha 255, departamento del Vichada. ...	23
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).	30
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.	32
Figura 6. En la parte superior se observa la imagen de radar ALOS-PALSAR correspondientes al área de la Plancha 255, y en la parte inferior se presenta el mapa geomorfológico interpretado en este trabajo.	36
Figura 7. Corte esquemático de las unidades geomorfológicas de origen.....	39
Figura 8. Llanura aluvial y plano de inundación. Parte externa de la laguna Guipaime.	40
Figura 9. Barras de arena, parte externa del río Vichada. Sector Puerto Cumariana	41
Figura 10. Vista aérea del sistema del valle aluvial de río Vichada, donde se presentan meandros abandonados y antiguos paleocauces del río.	41
Figura 11. Terrazas alta compuesta por depósitos de lodolitas con materia orgánica.....	44
Figura 12. Terraza de dos metros localizada en la margen derecha del caño Cuna.	44
Figura 13. Corte esquemático de las unidades geomorfológicas de origen denudacional.	45
Figura 14. Zona de altillanuras planas constituida por material sedimentario ..	46
Figura 15. Afloramiento de costras ferruginosas, mezcladas con depósitos de lodolitas	47
Figura 16. Esquema cronoestratigráfico de las unidades cuaternarias identificadas en el Bloque 9--	51
Figura 17. Triángulo de clasificación composicional para areniscas de Folk (1974).	54
Figura 18. Columnas litológicas generalizadas de la Plancha 255. Los números corresponden a las estaciones de campo de: (1) YPS-005, (2) YPS-004, (3)	

YPS-002,(4) MB-006, (5) MB-011, (6) MV- 002, (7) MB-005 y (8) MB-008 y (9) CAG-053.....	56
Figura 19. Apique donde se observa dos niveles de costras ferruginosas (Qcf).	58
Figura 20. Capas gruesas de costras ferruginosas, conformadas por arenas de grano fino a conglomerado, con laminación plana a ondulada. Sector del río Vichada. En Conato con depósitos de llanuras de inundación. Estación VEA-010, Coordenadas N= 975,118, E= 1,136,763, Cota= 128 m.s.n.m.	59
Figura 21. Morfología de terrazas que forman colinas con valles amplios en forma de U, con cimas alargadas. Orientación de la foto 115°. Vía Cumaribo - Caño Cumariana. Estación YPS-007. N: 987.209, E: 1'130.936	59
Figura 22. Triángulo de clasificación de Folk (1974). Las muestras de la Unidad Qcf.....	61
Figura 23. Muestra YPS-079. a. Nicoles paralelos b. Nicoles cruzados. Se observa un alto porcentaje de porosidad, con clastos de cuarzo monocristalino y policristalino algunos fracturados, también se observan fragmentos tamaño arena muy fina.	62
Figura 24. Muestra OM-011. a. Nicoles cruzados, se observan granos de cuarzo (Qz) y la porosidad en azul b. Se observan cuarzoes monocristalinos. ..	63
Figura 25. Muestra IQA-017. Litoarenita ferruginosa, con clastos de cuarzo (Qz) y fragmentos líticos de cuacitas (C) y cuarzoarenitas de grano muy fino (CzA). a. Nicoles paralelos. b. Nicoles cruzados.....	63
Figura 26. Afloramiento de arenas inconsolidadas muy friables, contacto entre las unidades Qcf y Arenas de origen eólico. Sector de La Arenera. Estación CAG-053,.....	65
Figura 27. Arenas de grano fino a medio, friable. Morfología de sabanas. Unidad Qe?.....	66
Figura 28. Triángulo de clasificación de (Folk, 1974). La muestra IQA-014.....	67
Figura 29. Unidad Qpe, conformada por bancos de arenas de grano fino con matriz arcillosa, depósito de 10 m. de espesor.Estación OM-010. Coordenadas N: 997,888; E: 1'167,785	68
Figura 30. Afloramiento de 8 metros de espesor. Hacia la base capas gruesas y macizas de grawackas y hacia el tope capas de arenas de grano fino a conglomeráticas, de pobre selección, con matriz arcillosa, formando laminación plana de tonos rojos. Estación MV- 002.....	69
Figura 31. Detalle de las arenas de grano fino a medio con matriz limosa y materia orgánica en poca proporción de la unidad Qpe. Carretera El Tuparro a Cumaribo. Estación CAG-002. Coordenadas N: 999,827; E: 1'143,154.....	69
Figura 32. Triángulo de clasificación de (Folk, 1974), donde las muestras analizadas corresponden al campo de las arenas de cuarzo	71
Figura 33. Vía El Tuparro-Cumaribo, Hacia la base 5 m de arenas arcillosas, ferruginosas	72
Figura 34. Superficie plana a ligeramente ondulada con depósitos areno lodoso (QII).....	73

Figura 35. Cabecera de zona pantanosa e inundable por el invierno (QII).	74
Figura 36. Vista aérea del cauce del río Vichada en cercanías a Cumaribo, ...	75
Figura 37. Bloquediagrama de una planicie aluvial. Donde se depositaron las unidades de costras ferruginosas, depósitos eólicos, de penillanuras y sedimentos de origen aluvial.....	77
Figura 38. Migración de la ondícula flexural en un sistema de cuenca de antepaís.....	79
Figura 39. Esquema representativo de las zonas de depositación en un sistema de cuenca de antepaís. Tomado de DeCelles y Giles (1996).....	80
Figura 40. Mapa de ubicación de las principales estructuras y lineamientos regionales. El corte AA' se observa en la Figura 41	81
Figura 41. a. Capas horizontales con dato (120/5°) de la Unidad Qcf, Estación VEA-010 (120/5°). b capas con datos de (334/40°). Estación OM-011. Datos confirman los flancos estructurales del sinclinal de Bopone.....	82
Figura 42. Sección estructural generalizada construida en el área de estudio.	85
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.	92
Figura 44. 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 45. Curvas de distribución comparativa de los diferentes elementos analizados por ICP-MS en las muestras del área. La curva negra representa los valores promedio de la corteza según Rudnick y Gao (2003). Los datos fueron separados dependiendo de la escala de comparación entre los diferentes elementos.	94
Figura 46. Gráfico estadístico (porcentaje vs. muestras) que indica la distribución del contenido de TiO ₂ en las muestras analizadas mediante el método FRX, cuyo valor medio fue de 0,73%.	96
Figura 47. Gráfico estadístico (porcentaje vs. muestras) que indica que indica la distribución del contenido de SiO ₂ en las muestras analizadas mediante el método FRX, cuyo valor medio fue de 76,7%.	96
Figura 48. Gráfico estadístico (porcentaje vs. muestras) que indica que indica la distribución del contenido de Al ₂ O ₃ en las muestras analizadas mediante el método FRX, cuyo valor medio fue de 8,32%.	97
Figura 49. Gráfico estadístico, (porcentaje vs. muestras) que indica la distribución del contenido de Fe ₂ O ₃ en las muestras analizadas mediante el método FRX, cuyo valor medio fue de 8,39%.	97
Figura 50. Gráfico estadístico. Diagrama de columnas que indica la distribución de los elementos menores y trazas, Vanadio (V), circonio (Zr), niobio (Nb), hafnio (Hf) en las muestras analizadas mediante el método FRX.	98

Figura 51. Distribución geográfica de elementos de tierras raras mediante el método de Fluorescencia de Rayos X – FRX elementos menores y trazas. .. **102**

Figura 52. Gráfico estadístico. Diagrama de columnas que indica la distribución de los elementos de tierras raras mediante el método ICP - MS..... **103**

Figura 53. Distribución geográfica de elementos metálicos mediante el método de Espectrometría de Masas con Plasma Acoplado Inductivamente ICP – MS. **107**

Figura 54. Zona de inundación, donde las aguas del caño Guacamayas corren sobre la superficie impermeable de la Unidad QII Vía Cumaribo - Caño Guacamayas. Estación YPS-068. Coordenadas N: 990600,E: 1126398, Cota: 326 m.s.n.m. Orientación de la foto 150°. **115**

Figura 55. Procesos erosivos y formación de flujos de detritos en cárcava por erosión..... **116**

Figura 56. La flecha en color negro indica grietas de tensión formadas por cárcavas producto del lavado de las laderas. Estación OM-010. Coordenadas N: 997,888; E: 1'167,785; Cota 143 m.s.n.m. Azimut 120°. **117**

Figura 57. Mapa de Focos Sísmicos de Colombia. El área de estudio (Departamento del Vichada), se encuentra en el rectángulo negro..... **118**

Figura 58. Apique donde se observa dos niveles de costras ferruginosas (Qcf). **123**

Figura 59. Costras ferruginosas fragmentadas en bloques de 60 cm (Qcf), .. **123**

Figura 60. Muestra YPS-079. Se observa alto porcentaje de porosidad, con clastos de cuarzo monocristalino y policristalino, altamente fracturados, también se observan fragmentos tamaño arena muy fina. **125**

Figura 61. Colinas en dos niveles de costras ferruginosas (Qcf), y el valle entre colinas conformado por arenas no consolidadas de tamaño de grano medio a grueso,..... **126**

Figura 62. Se observa presencia de Xilópalos de tonalidades oscuras, **127**

Figura 63. Configuración actual de la cuenca de los Llanos Orientales..... **129**

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Bloque 9. Relación de las planchas topográficas del IGAC escala 1:100.000.....	20
Tabla 2. Principales vías carretables que se encuentran en el Bloque 9.	21
Tabla 3. Resumen de la información topográfica.....	28
Tabla 4. Líneas de vuelos utilizados para la fotointerpretación.....	29
Tabla 5. Estaciones geológicas y muestras colectadas en la Plancha 255 (Cumaribo).....	32
Tabla 6. Descripción de las Unidades Geomorfológicas.....	38
Tabla 7. Unidades litoestratigráficas informales del proyecto de Cartografía geológica del Bloque 9, Departamento del Vichada.....	52
Tabla 8. Columnas estratigráficas levantadas en la Plancha 255.....	55
Tabla 9. Muestras colectadas para la Unidad Qcf.....	60
Tabla 10. Muestras analizadas con lupa binocular para la Unidad Qcf.....	61
Tabla 11. Muestras con análisis petrográficos de la Unidad Qcf.....	61
Tabla 12. Muestras tomadas para la unidad Qe.....	66
Tabla 13. Muestra analizada macroscópicamente para la Unidad Qe.....	66
Tabla 14. Muestras colectadas para la Unidad Qpe.....	70
Tabla 15. Muestras analizadas con lupa binocular. Unidad Qpe.....	71
Tabla 16. Muestras colectadas para la Unidad Qll.....	74
Tabla 17. Muestras colectadas para la Unidad Qac.....	76
Tabla 18. Orientación de los lineamientos regionales observados en el área de estudio.....	83
Tabla 19. Control de muestras válidas (V) y no válidas (NV), obtenidos por FRX.....	88
Tabla 20. 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.....	90
Tabla 21. Resultados de las muestras analizadas por ICP-MS. En la parte inferior se presentan los valores promedio para la corteza continental.....	91
Tabla 22. Resultados de Circonio (Zr).....	99
Tabla 23. Resultados de Vanadio (V).....	99
Tabla 24. Resultados de Niobio (Nb).....	99
Tabla 25. Resultados de Hafnio (Hf).....	100

Tabla 26. Resultados de Cromo (Cr)	103
Tabla 27. Resultados de Itrio (Y)	104
Tabla 28. Resultados de Bario (Ba).....	104
Tabla 29. Resultados de Cesio (Ce)	104
Tabla 30. Resultados de manganeso (Mn)	104
Tabla 31. Resultados de Zinc (Zn).....	105
Tabla 32. Análisis de muestras con manifestaciones de elementos de Tierras Raras.....	108
Tabla 33. Análisis de muestras con manifestaciones de elementos de Tierras Raras.....	110
Tabla 34. Ensayo granulométrico para fuentes agregados.....	112
Tabla 35. Categorías de clasificación para Geotopos.....	122

LISTA DE ANEXOS

- Anexo A1.** Estaciones geológicas.
Anexo A2. Muestras colectadas
Anexo B1. Mapa geológico de la plancha 255 (Cumaribo). Escala 1:100.000.
Anexo B2. Mapa geomorfológico de la plancha 255 (Cumaribo). Escala 1:100.000.
Anexo B3. Mapa de estaciones de la plancha 255 (Cumaribo). 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 255 (Cumaribo).Escala 1.100000
Anexo I. Mapa fotogeológico de la plancha 255 (Cumaribo). Escala 1:50.000
Anexo J. Mapa de campo de la plancha 255 (Cumaribo). Escala 1:50.000

RESUMEN

El área de estudio se localiza en el departamento del Vichada, ocupa la Plancha 255 (Cumaribo) y alcanza una extensión de 2400 km². En esta plancha se encuentra el municipio de Cumaribo y los caseríos Puerto Achacará, Varavaca, Mosco, Playas del Ahogado, Santa Marta, Guajira, Misión de Santa Teresita, Santa Rita y los resguardos indígenas de Boponé Bajo y Aiwa Kuna Tsepajibo.

En esta región la principal red hidrográfica corresponde al río Vichada que corre en dirección suroeste – noreste, constituyendo una frontera natural, así; al norte se hallan sabanas disectadas por los caños El Jojore, El Arreita, El Yubi, El Marra y Malicia y hacia el sur se encuentran llanuras de selva amazónica la cual está surcada por innumerables caños que hacen parte de la cuenca del caño Dume

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. De igual forma, se encuentra que en la región de la Plancha 255 el relieve está conformado por suelos planos, cóncavos, convexos a suavemente ondulados, el cual permite desarrollar diferentes tipos de paisajes y vegetación, como son las praderas, los bosques de galería y la selva, ésta última hacia la parte sur de la plancha.

En el levantamiento de la cartografía geológica de la Plancha 255 (Cumaribo), se reconocieron cinco (5) unidades cartográficas, las cuales han sido definidas de la siguiente manera: Sedimentos pedogenizados asociados a costras ferruginosas (Qcf), Depósitos de Penillanuras Eólicas (Qpe), Depósitos de Cauce aluvial (Qac), y Depósitos de Llanuras de Inundación (Qll). En cada una de estas unidades recientes, se reconocieron sus características litológicas y se tomaron muestras para diferentes tipos de análisis como, por ejemplo, los de palinología, petrografía y geoquímica.

En referencia al origen de las unidades cartografiadas, se encuentra que estas corresponden a complejos a un complejo sistema fluvial-aluvial, donde han evolucionado depósitos eólicos y de penillanuras, además de procesos de lateralización, pedogenización y entre los factores que controlaron el relleno de

la cuenca, se encuentra la subsidencia tectónica y el clima, los cuales resultan determinantes en la relación espacial de acomodación y suministro de sedimentos.

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

ABSTRACT

The study area is located in Vichada's department, that occupies an area in the map called "255" quadrangle – Cumaribo - and reaches an extension of 2.400km². In this quadrangle it can find Cumaribo's hamlets like Puerto Achacará, Varavaca, Mosco, Playas del Ahogado, Santa Marta, Guajira, Misión de Santa Teresita, Santa Rita and indigenous guards from Boponé Bajo y Aiwa Kuna Tsepajibo.

In this region, the most important hydrographic network corresponds to Vichada River, which it has a flow direction from southwest to northeast, forming a natural frontier as follow: northward, it can find drained savannahs by caños like Caño El Jojore, Caño El Arreita, Caño El Yubi, Caño El Marra and Caño Malicia, and southward, it can find some amazon's jungle's plains, which it's furrowed by several caños that composes the Caño Dume basin.

Orinoquia's region of Vichada's department weather shows averages 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. Likewise, in 255 quadrangle's region, the relief 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 large extents zones of grasslands and gallery forests, and southward it can find jungle areas.

Performing the geological cartography of 255 quadrangle (Cumaribo), there have been recognized five (5) cartographic units which have been defined as follows: pedogenetic sediments associated with ferric crust (Qcf), Aeolian deposits (Qe), Aeolian peneplain deposits (Qpe), alluvial channel deposits (Qac), and flooding plain deposits (Qll). Each of one the lithological aspects of these units were recognized and samples were taken to make different analysis like palinological, petrographic and geochemical analysis.

Concerning to the genesis of cartographic units are those that correspond to a complex alluvial-fluvial system where evolved processes of laterization, pedogenesis. Among factors that controlled the basin filling, are: the tectonic subsidence and the climate, which are crucial in the accommodation space and the sediment supply.

Additionally, in this cartographic study, petrographic studies were performed, 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, many rocks have a high fracturing level due an impact, which happened in this country region, and which formed an impact structure 30.000 years ago.

INTRODUCCIÓN

El Estado Colombiano, representado por el Servicio Geológico Colombiano (SGC), a través de la Subdirección de Geología Básica, tuvo como uno de sus objetivos principales para el año 2012, avanzar en el conocimiento geológico del oriente colombiano, para 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 255 (Cumaribo) 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 255 (Cumaribo). 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 44 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 255 (Cumaribo), 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 255 (Cumaribo) 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 255 (Cumaribo), que hace parte del llamado Bloque 9, del Servicio Geológico Colombiano, donde se encuentran extensas sabanas naturales interrumpidas por la corriente del río Vichada y abundantes caños, riachuelos y arroyos que al norte alimentan a los bosque de galería, y al sur una vegetación más selvática que hace empalme con la selva amazónica. Estas características geográficas junto con el 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, el pueblo vichadense mantiene precarias condiciones de desarrollo, que hacen de esta región del país un territorio de difícil planificación para la puesta en marcha 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 como humanos, indispensables para el desarrollo técnico del proyecto.

1.1 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA

La Plancha 255 (Cumaribo) está localizada en la esquina nor-oriental del Bloque 9, y se ubica entre las siguientes coordenadas (Figura 1).

Norte _{1.} = 960.000
Norte _{2.} = 1'000.000

Este _{1.} = 1'120.000
Este _{2.} = 1'180.000

**Coordenadas origen: Este – Magna Sirgas*

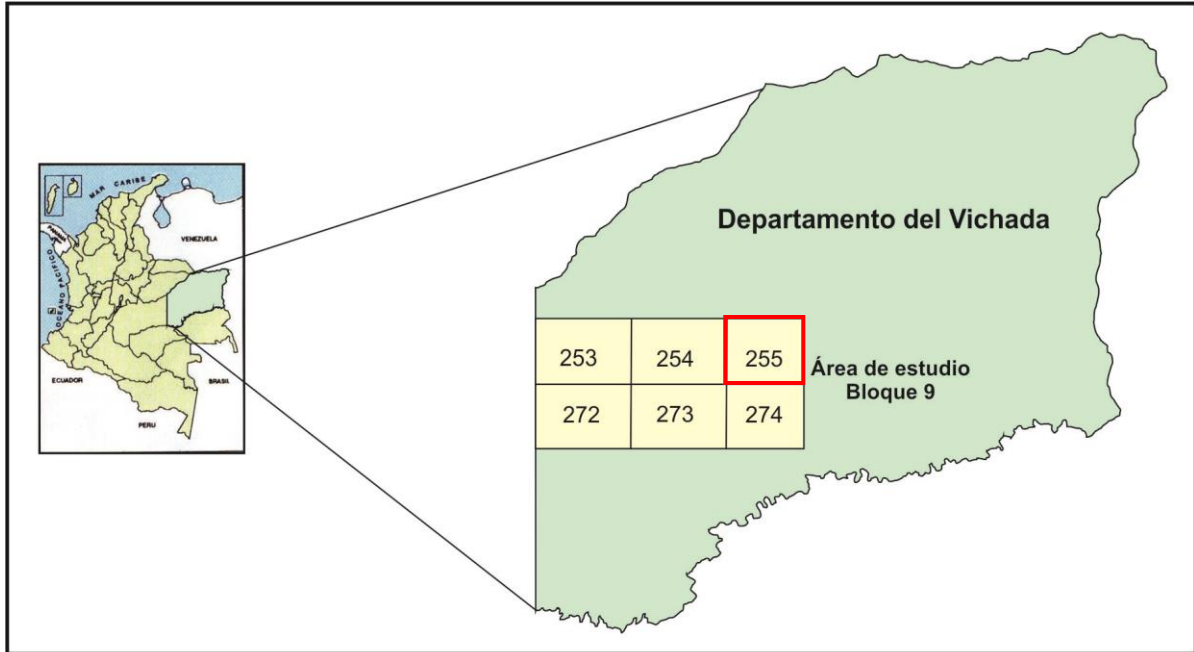


Figura 1. Mapa de localización del Bloque 9 – Plancha 255 (Cumaribo). Departamento del Vichada.

Este informe presenta la memoria geológica de la Plancha 255 (Cumaribo), la cual hace parte del Bloque 9, que a su vez comprende 6 planchas topográficas del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (Tabla 1).

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

PLANCHA TOPOGRÁFICA	ESCALA	NOMBRE	ÁREA (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; vuelos que se realizan 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 el área de la Plancha 255 (Cumaribo), la principal vía terrestre cruza la zona en sentido este-oeste, conectando el caserío de Tres Matas, con el municipio de Cumaribo y los caseríos de Primavera y Palmarito. Como principal vía fluvial está el río Vichada, que comunica a la región con los territorios del oriente colombiano y venezolano (Figura 2).



Figura 2. Panorámica del medio de transporte sobre el río Vichada sector de Copepe.

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 sólo 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 Ocné	110	8 h.	Carretable (Trocha)
San José de Ocné	Chupabe	60	2 h.	Carretable (Trocha)
Chupabe	Tienda Nueva (Resguardo Saracure)	40	3 h.	Carretable (Trocha)

1.3 RELIEVE

El relieve de la Plancha 255 está conformado por terrenos planos, a suavemente ondulados, cuyos suelos se conforman de sedimentos completamente arenosos -como los que se observan hacia el norte de la Plancha 255- y arcillosos -hacia los terrenos bajos en límites con el río Vichada que hacen parte de la Orinoquía colombiana (INGEOMINAS & IDEAM, 2010).

1.4 CLIMA

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

En la región de la Plancha 255, 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.

En la Plancha 255, la principal red hidrográfica corresponde a la cuenca del río Vichada, la cual al norte está conformada por numerosos afluentes, entre los cuales se encuentran los caños Jojore, Arreita, Yubi, Marra y Malicia, que corren hacia el río Tuparro. Al sur de la plancha se encuentran numerosos caños que hacen parte de la cuenca del caño Dume (Figura 3).

y discurre en dirección oriental. En épocas de invierno este caño es navegable por embarcaciones pequeñas y medianas y forma parte de la cuenca del río Tuparro.

1.6 VEGETACIÓN

En la región la vegetación está conformada en la parte norte principalmente por bosques tropicales, sabanas herbáceas y de pastos, que se usan localmente en la ganadería y en la agricultura. En contraste con lo anterior, la zona sur del área tiene suelos de baja fertilidad, surcados por vallecitos estrechos, los cuales son propicios para la formación de bosques de galerías (CIAT & CIRAD, 2001).

1.7 POBLACIÓN

Según el IGAC (1996), en el departamento del Vichada la densidad de 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 255 (Cumaribo), ocupan principalmente las llanuras aluviales a orillas de los grandes ríos, donde han establecido 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 esta región, su producción tiene como único destino el consumo local; esto se debe en parte a las condiciones del suelo, mano de obra, costos de producción y de transporte. La pesca es, de la misma manera, esencialmente para consumo local, a excepción de las especies ornamentales, que son utilizadas como productos de comercio.

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

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

2. METODOLOGÍA

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

- Revisión y diagnóstico de la información geológica, cartográfica y topográfica.
- Elaboración del programa de socialización en el área del proyecto.
- Restauración de la base hidrográfica y topográfica a escala 1:25.000.
- Interpretación de las imágenes satelitales de tipo Espacio-mapa 255 (Cumaribo), de fotografías aéreas del IGAC y de la imagen de radar ALOS-PALSAR.
- Planificación y desarrollo del trabajo de campo.
- Recopilación de los datos de campo y selección de las diferentes muestras de rocas y de sedimentos activos.
- Elaboración de informes geológicos preliminares, mapas geológicos y geomorfológicos para cada una de las planchas en mención.
- Elaboración de 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 general y escaso. Este cubrimiento se circunscribe básicamente a mapas temáticos y regionales; entre los mapas de interés que se encontraron están los siguientes:

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

2.1.3 Información topográfica

La información topográfica de la zona de trabajo proviene principalmente de la Plancha 255 (Cumaribo) a escala 1:100.000. También se encuentran las planchas topográficas a escala 1:50.000, aunque de manera incompleta, ya que algunas planchas carecen de las curvas de nivel y de la hidrografía. En cuanto a la información de mapas topográficos a escala 1:25.000, 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	255 (Cumaribo)	1:100.000 IGAC
Carta General	255 (Cumaribo)	1:100.000 IGAC
Mapas Topográficos	255 (I-II-III-IV)	1:50.000 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 255. Como imagen adicional para este análisis, se compró la imagen de radar ALOS-PALSAR con resolución de 7m, (Figura 6), de la empresa GeoSPatial

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

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

Tabla 4. Líneas de vuelos utilizados para la fotointerpretación.

VUELO	FOTOGRAFÍA AÉREA		ESCALA APROXIMADA	AÑO	PLANCHA
	DESDE	HASTA			
M-1279-58-63 S-1175-A	27802 (Caño Malicia)	27792 (Caño Chupabe)	1:58.000	1964	255-274
M-1283-50-64 S-1189	28339 (Caño Malicia- Ranchería Guahibo)	28350 (Sur Caño Chupabe)	1:50.000	1964	255-274
M-1360-60-65 S-1432	37821 (Caño Cocorro-Caño Arreita)	37809 (Caño Chupabe)	1:60.000	1964	255-274
M-1333-60-65 S-1328	35259 (Caño Jojore)	34244 (Caño Chupabe)	1:60.000	1964	255-274

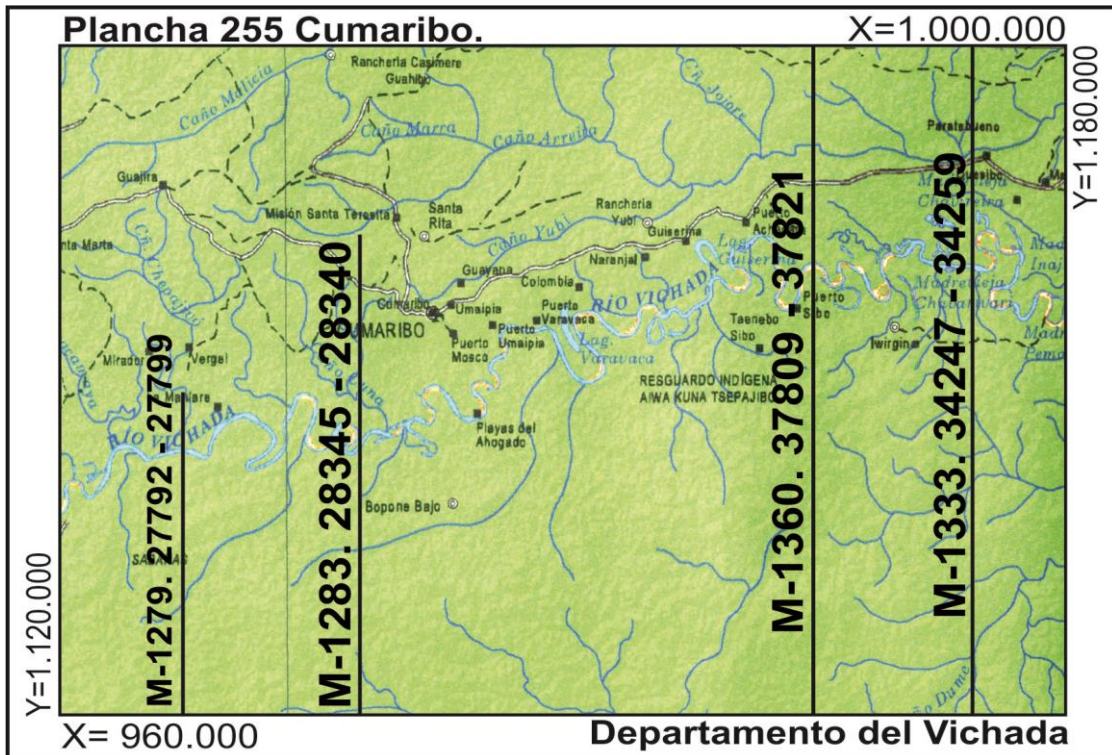


Figura 4. Mapa de ubicación de las fotografías aéreas usadas para la elaboración del mapa fotogeológico. (Tomado del mapa departamental del Vichada, escala 1:500.000. IGAC, 2008).

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. b.), 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. a.) 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 Martín Tenganá.
- Se entregaron kits escolares para más de 300 niños que estudian en los colegios de los diferentes internados del municipio de Cumaribo y algunos cabildos. Igualmente se donaron diversos insumos a la comunidad como: plantas eléctricas, alimentos, semovientes, medicamentos y combustible, entre otros. En los documentos que se anexan para esta verificación se entregan copias de las diferentes actas firmadas por los dirigentes y líderes de algunas de las comunidades indígenas.
- Se contrataron personas de la región, líderes comunales y algunos capitanes indígenas de las comunidades Sikuanes y Piapocos, y a personas desempleadas. Asimismo, todo el servicio de transporte (lanchas, bongos, motocicletas, carros etc.), fue contratado en la zona de trabajo.
- Con las comunidades indígenas, se establecieron ciertos compromisos como: no transitar por aquellos territorios sin los permisos oficiales. No se efectuaron trochas adicionales a las existentes y todas aquellas zonas que se consideran como sagradas por parte de estas

comunidades, no se tocaron sobre todo zonas localizadas en la parte sureste del Bloque 9.



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

2.3 RESULTADOS DEL TRABAJO DE CAMPO

En la Plancha 255 (Cumaribo), el total de estaciones geológicas y de muestras colectadas durante las campañas de campo se presentan en la Tabla 5. las cuales están descritas en las libretas de campo (Anexo G) y en los mapas de campo (Anexo I y K)

Tabla 5. Estaciones geológicas y muestras colectadas en la Plancha 255 (Cumaribo).

Plancha	Estaciones Geológicas	Muestras Colectadas
255 (Cumaribo)	177	93

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 9 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 255 ,84 muestras (Anexo A2), las cuales fueron enviadas para los siguientes análisis:

- Cuarenta y cuatro muestras para análisis geoquímico, fueron enviadas al laboratorio de Geoquímica del Servicio Geológico Colombiano.
- Nueve muestras para análisis de palinología fueron enviadas a H. Duque, M. Rueda y al Departamento de Ciencias de la Universidad Nacional de Colombia.
- Tres muestras para análisis petrográfico realizadas 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 250 fotografías, las cuales presentan en el Anexo F.

2.4 ELABORACIÓN DE LA MEMORIA GEOLÓGICA

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

- Elaboración de los registros gráficos y de los mapas geológicos, para lo cual se usó el programa ArcGIS 9.1., con el cual los productos finales fueron estructurados bajo los estándares del Servicio Geológico Colombiano.
- Para la elaboración de la memoria geológica concerniente a la Plancha 255 (Cumaribo), se utilizaron los siguientes software; Word 2010, CorelDraw X5 y Excel, entre otros programas, con los cuales se realizaron los capítulos de generalidades, estratigrafía, tectónica, geoquímica, geología económica; etc. y demás información de la memoria.

3. GEOMORFOLOGÍA

El análisis de las unidades geomorfológicas de la Plancha 255 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, sobre la cual se encuentran los diferentes cauces o lechos activos del río que conforman en su conjunto un patrón de drenaje dendrítico. 2) La extensa llanura aluvial de desborde asociada al río Vichada, la cual presenta 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 a no disectadas. 4) La altillanura en detritos continentales está representada morfológicamente en la plancha en la parte sur del lecho del río Vichada, donde se presentan paisajes de peneplanicie o pedillanura.

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 sensores remotos LANDSAT ETM +, Path Row 5/57 y 6/57; las imágenes de radar APLSRP 268120060-03, APLSRP 268120060-02, APLSRP 268120060-07, APLSRP 268120060-06, APLSRP 268120060-05, APLSRP 268120060-04; el espacio-mapa de la Plancha 255 del 2006 y las fotografías aéreas, que involucran el área de la Plancha 255: S-1175A (27792 – 27799), S-1189 (28340 – 28350), S-1328 (34244 – 34259), S-1432 (37809 – 37821). En la Figura 6 se pueden ver las imágenes de radar en la parte superior y el mapa geomorfológico de la Plancha 255 (Cumaribo). (Anexo B2).

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

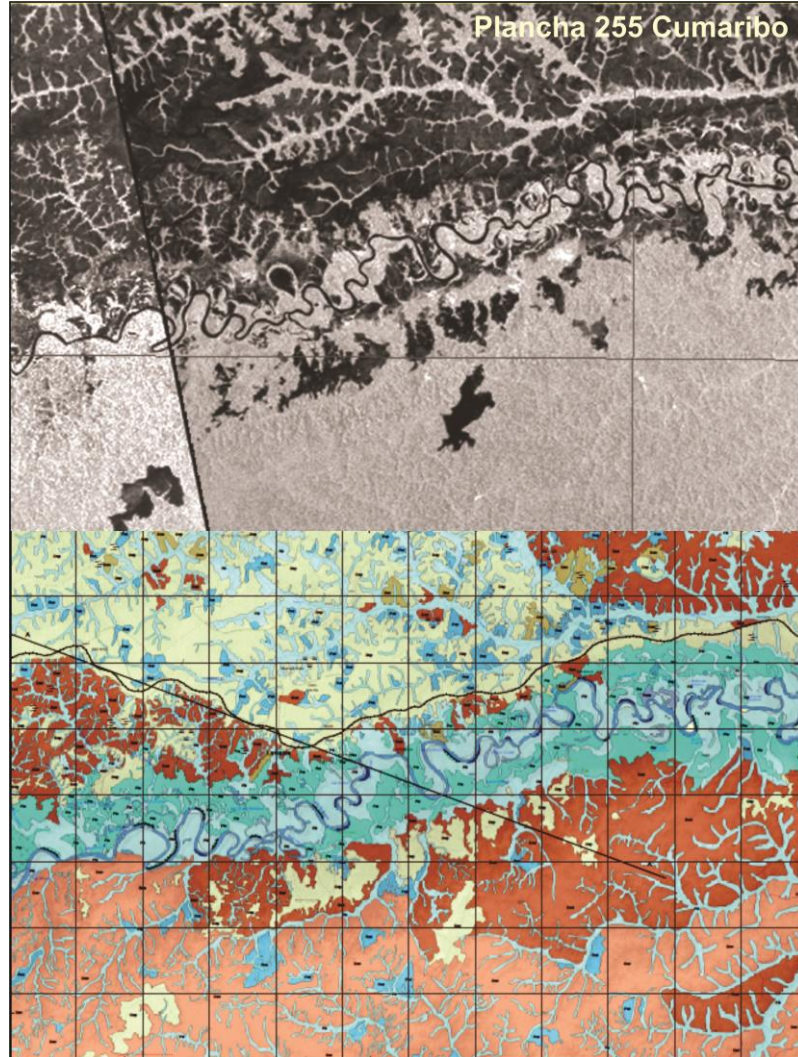


Figura 6. En la parte superior se observa la imagen de radar ALOS-PALSAR correspondientes al área de la Plancha 255, y en la parte inferior se presenta el mapa geomorfológico interpretado en este trabajo.

Para la definición del componente geomorfológico de la Plancha 255, 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 la descripción de las unidades geomorfológicas identificadas en este proyecto a escala 1:100.000.

Tabla 6. Descripción de las Unidades Geomorfológicas.

Ambientes Morfogénéticos	Unidades Geomorfológicas	Subunidades
Unidades de Origen Fluvio-Aluvial.	Llanuras y Planos de Inundación Fluvial (Flli)	
	Barras Puntuales (Fbp)	
	Paleocauces y Meandros (Fpm)	
	Meandros Abandonados (Fma)	
	Cuencas de Decantación o Planos Inundables (Fcd)	
	Cuenca de Decantación Activa (Fcda)	
	Zonas de Erosión Fluvial Acentuada (Fze)	
	Terrazas Aluviales (Ft)	Terraza Aluviales Baja (Ftb)
		Terraza Aluviales Alta (Fta)
Unidades de Origen Denudacional.	Altillanura Disectada (Dad)	
	Altillanura Plana (Dap)	
	Altillanura con Crestas Planas (Dacp)	
	Altillanura en Detritos Continentales (Dac)	
	Sedimentos Costras de hierro (DCfe)	
Unidades de Origen Eólico	Depósitos de origen eólico	
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 Malicia, Marra, Arrieta y Yubi. Son comunes los pequeños valles labrados sobre la altillanura, algunos de los cuales se distinguen en las imágenes interpretadas (Figura 7).

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).

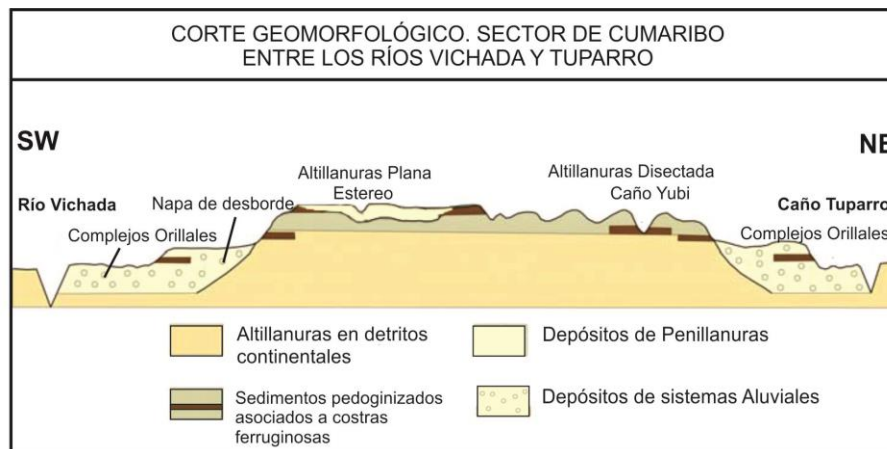


Figura 7. Corte esquemático de las unidades geomorfológicas de origen Fluvial y Coluvio-Aluvial. (Tomado y modificado de IDEAM, 2010)

3.2.1.1 Llanuras y planos de inundación fluvial (Flli)

La llanura aluvial inundable asociada al río Vichada se limita a franjas a lo largo del cauce con una superficie levemente inclinada hacia el mismo, la cual está conformada por sedimentos aluviales recientes y por materiales del suelo, asociados a la dinámica de las corrientes de agua. Localmente posee acumulaciones eólicas o montículos, parcialmente enterrados por sedimentos aluviales más recientes (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, que también es conocido como las partes laterales del cauce.

La característica general de los sistemas aluviales es la inundación periódica por el desborde de los ríos autóctonos y alóctonos que definen las llanuras de inundación (Velásquez, 1999), las cuales son sedimentadas por las corrientes mayores, como se observa en el sector de Puerto Mosco, donde la laguna de Guipaime, es sedimentada e inundada periódicamente por el río Vichada (Figura 8).



Figura 8. Llanura aluvial y plano de inundación. Parte externa de la laguna Guipaime. Estación MB-002. Coordenadas N: 981907; E: 1'145076. Puerto Mosco.

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).

Los depósitos de llanura de inundación en la Plancha 255 se encuentran bordeados por antiguas y actuales barras arenosas de las líneas de playa, las cuales se evidencian en los puertos de Guipaime, Mosco, Varavaca y Cumariana (Figura 9).



Figura 9. Barras de arena, parte externa del río Vichada. Sector Puerto Cumariana Estación MB-010. Coordenadas N: 979732; E: 1'133807.

3.2.1.3 Paleocauces y meandros (Fpm)

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

En la vía que va del municipio de Cumaribo a Puerto Mosco se observaron sobre la planicie aluvial del río Vichada huellas de antiguos paleocauces, meandros y zonas de amortiguación, que son utilizados por el mismo río en épocas de avenidas torrenciales (Figura 10).



Figura 10. Vista aérea del sistema del valle aluvial de río Vichada, donde se presentan meandros abandonados y antiguos paleocauces del río.

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 o madre viejas corresponden a una curva del meandro abierto o cerrado cuyo corte y aislamiento ocurre cuando la corriente acorta su curso, incrementando localmente su pendiente. El taponamiento de sus extremos es rápido y tiene lugar por la acumulación del sedimento del propio lecho (Velásquez, 1999).

En la Plancha 255 los meandros abandonados se observaron en el valle aluvial del río Vichada, donde se presentan en forma de medialunas indicando escasa pendiente del terreno y 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 esta unidad geomorfológica de la Plancha 255, el río Vichada presenta planos, susceptibles a inundaciones periódicas, en el que se destacan varias generaciones de orillares, meandros abandonados con agua o colmatados y cuencas de decantación.

3.2.1.6 Cuencas de decantación activas (Fcda)

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

En la Plancha 255 (Cumaribo), las cuencas de decantación corresponden a la unidad más sobresaliente del plano inundable. Estas se localizan en forma continua hacia las márgenes de los ríos Vichada (sector de la Rompida).

3.2.1.7 Zona de erosión fluvial acentuada (Fze)

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

Los depósitos aluviales de barras de arenas son producto de la erosión fluvial lateral, transporte y depositación de materiales de las márgenes de los ríos. En la Plancha 255 Cumaribo, las zonas de erosión fluvial se encuentran a lo largo del río Vichada en los bordes de meandros de las curvas abiertas (Anexo B2).

3.2.1.8 Terrazas aluviales (Ft)

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

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

3.2.1.9 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).

En el valle aluvial del río Vichada las terrazas altas presentan espesores aproximados de 2,20 m, cuyas bases son afectadas por procesos de erosión, como se puede apreciar en la Figura 11.



Figura 11. Terrazas alta compuesta por depósitos de lodolitas con materia orgánica (hojas y raíces). En el puerto de Varavaca Estación MB-008. Coordenadas N: 984118; E: 1149198

3.2.1.10 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).

En el río Vichada presentan terrazas bajas de 3 m de altura que, que a su vez, están compuestas por depósitos de arenitas, óxidos de hierro y materia orgánica (Figura 12).



Figura 12. Terraza de dos metros localizada en la margen derecha del caño Cuna, conformado por arenas y arcillas oxidadas Estación MB-012. Coordenadas N: 982445; E: 1146765.

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).

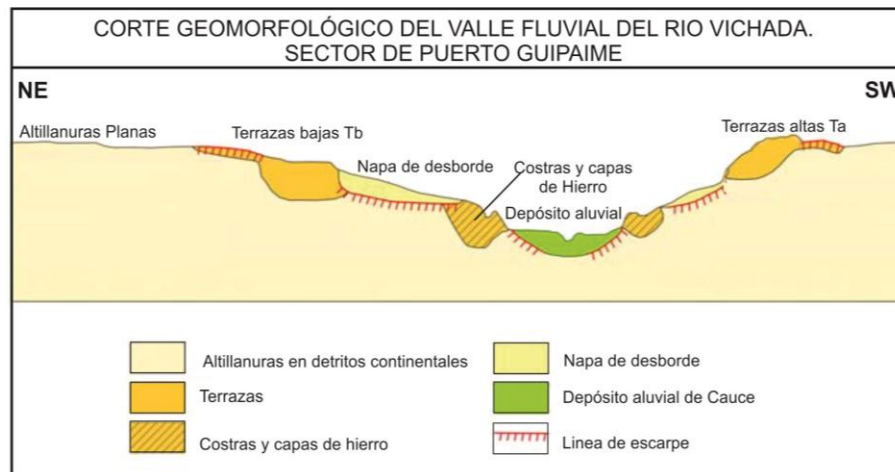


Figura 13. Corte esquemático de las unidades geomorfológicas de origen denudacional. (Tomado y modificado de IDEAM, 2010).

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 255, estas altillanuras presentan pequeños valles aluviales con altitud entre 50 m a 170 m, también comprenden suelos profundos, bien drenados con ocasionales inundaciones de corta duración y se localizan entre la llanura del río Vichada y altillanuras planas, donde se encuentran.

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 mezclas con materiales arcillosos y arenosos, desprovistos de vegetación como también cubiertas por vegetación típica de palmeras y bosques de galerías, como se aprecia hacia el sector de la Guajira, Puerto Achacara y hacia el noroeste de Cumaribo (Figura 14).

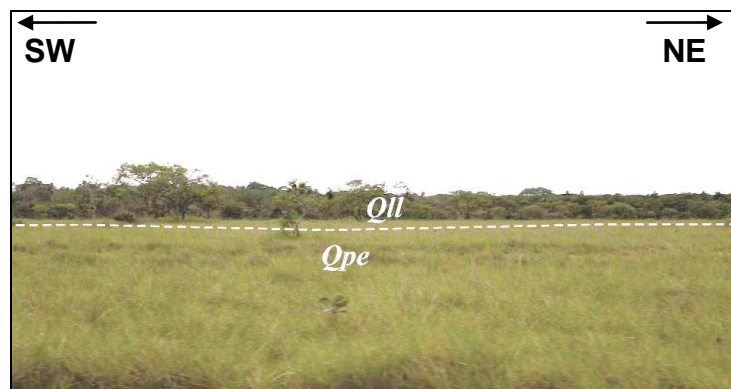


Figura 14. Zona de altillanuras planas constituida por material sedimentario areno-lodoso. Vía de la vereda Malicia a Chihuahua. Estación N= 996,494, E= 1,125,440, Cota= 315 m.s.n.m.

3.2.2.3 Altillanura con crestas planas (Dacp)

La unidad denominada altillanura con crestas planas se encuentra ampliamente distribuida en la Plancha 255, y está limitada por pequeños taludes o escarpe que evoluciona en superficie ligeramente inclinada y que se afectan por escurrimientos difusos y concentrados.

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

3.2.2.4 Sedimentos de costras de hierro (DCfe)

Los sedimentos de costras ferruginosas se distribuyen en forma irregular y exhiben espesores variables en las partes altas de las colinas y en las superficies de los suelos, donde están limitados por gravilla o fragmentos de grandes de costras ferruginosas que se encuentran cubriendo gran parte de 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 se observa en los sectores de Cumaribo-Vergel, Cumariana - Achacara y en la zona de Boponé – Brisas (Figura 15).



Figura 15. Afloramiento de costras ferruginosas, mezcladas con depósitos de lodolitas moteadas. Estación MB-014. Coordenadas N: 981452; E: 1127983.

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 Guyanés. Estas altillanuras han sido localizadas desde el río Tomo hasta los límites con los ríos Guaviare y Orinoco; y están conformadas por paisajes de colinas y pequeñas terrazas, los ecosistemas representativos para la altillanura son las praderas naturales y en algunos sectores los matorrales y en sus diques bosques de galería, morichales, matas de monte, esteros y bosques inundables (Cortes, 1983). Estas altillanuras fueron interpretadas morfológicamente en el sector sur-oriente de la plancha 272 (El Deba).

Recubriendo el escudo aparecen depósitos de materiales arenosos, que probablemente han sido transportados por los grandes ríos, o en otro caso

estos depósitos podían estar relacionados con el basamento de la altillanura. La diferenciación en sistemas morfogénéticos está relacionada con las formaciones superficiales y el grado de disección. Las formas de erosión más frecuentes en los domos, son los drenajes que descienden de las cimas formando un sistema radial, como se presenta en las zonas boscosas. Los procesos de exfoliación, están asociados a la acción disolvente del agua, a la acción mecánica de las raíces y a la gravedad, que favorece el desprendimiento de rocas (Cortes, 1983).

3.2.3 Unidades geomorfológicas de origen eólico

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

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

En la vía que va del municipio de Cumaribo al caño de Cumariana se presentan formas eólicas que contrastan entre si y tienen características bien definidas. Las unidades corresponden al complejo de dunas y médanos, que varían en altura, longitud y se ven constituidas principalmente por arenas gruesas transportadas por el viento. Rasgos geomorfológicos

3.2.4 Rasgos geomorfológicos

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

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

La línea divisoria de cuencas hidrográficas contiguas como son las del río Vichada y los caños Arreita, Marra y Malicia que se presenta en la plancha, son rasgos característicos de las unidades geomorfológicas de origen denudacional (Anexo B2).

4. GEOLOGÍA

El objetivo de este proyecto fue elaborar la cartografía geológica y la exploración geoquímica de la Plancha 255 (Cumaribo), 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 255 (Cumaribo) 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 255; que dio como resultado el esquema cronoestratigráfico que se muestra en la Figura 16.

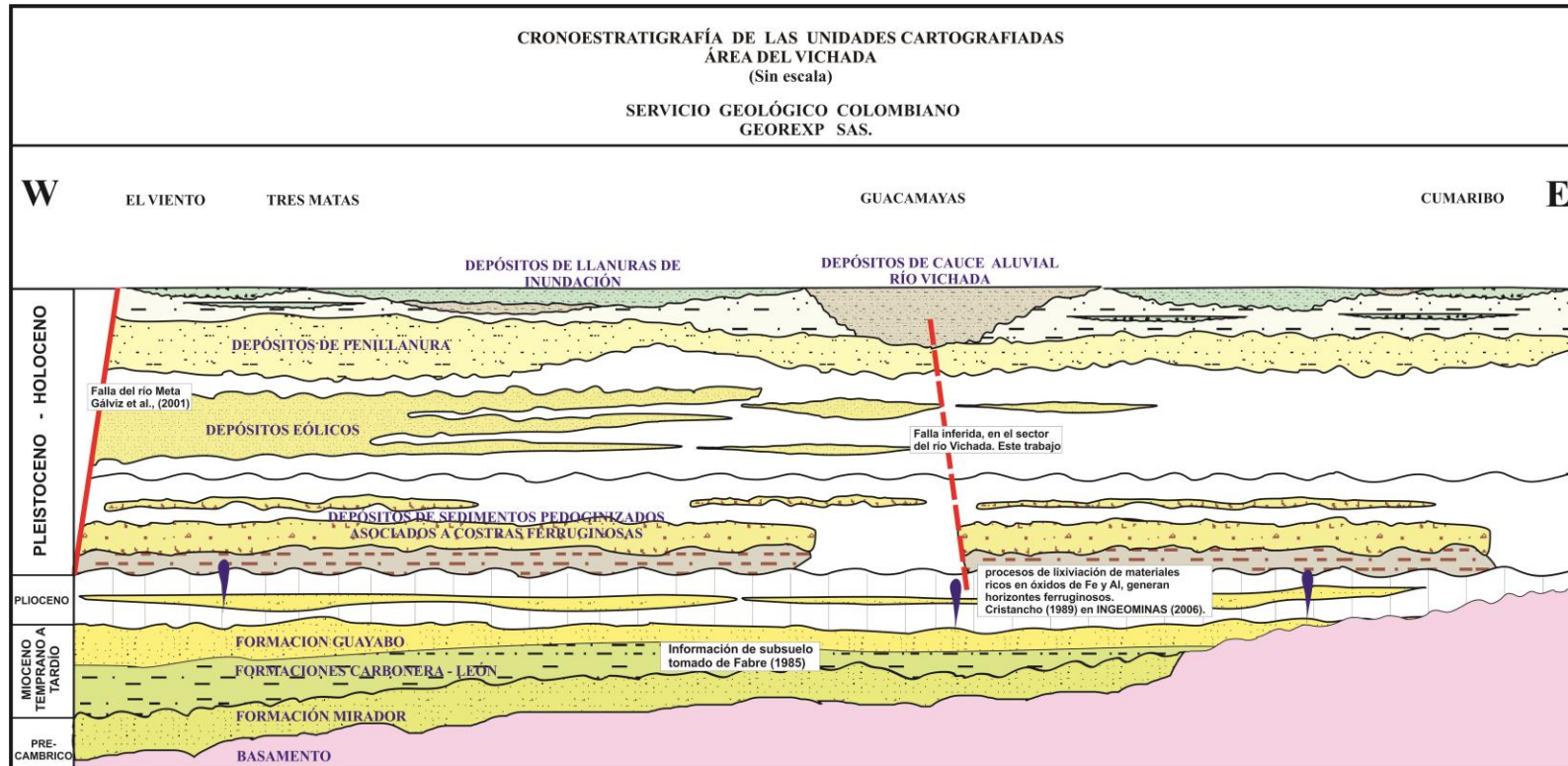


Figura 16. Esquema cronoestratigráfico de las unidades cuaternarias identificadas en el Bloque 9-- Plancha 255 (Cumaribo). La parte basal (subsuelo) hasta el Mioceno fue tomada y modificada de Fabre, 1985

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

CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA DE LA PLANCHA 255- CUMARIBO. BLOQUE 9. DEPARTAMENTO DEL VICHADA. CUADRO DE CORRELACIÓN DE UNIDADES						
Tomado de la Carta Cronoestratigráfica Internacional 2010.			UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS			
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 sistemas general de fallamiento de dirección suroeste – noreste, que producen cierto grado de escalonamiento en algunos sectores del área de estudio.

4.1.2 Cuaternario

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

5. ESTRATIGRAFÍA

La estratigrafía del Bloque 9, departamento del Vichada, Plancha 255 (Cumaribo), 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 255 (Anexo A1y A2), las cuales fueron seleccionadas para análisis de: petrografía, palinología, geoquímica. Para la clasificación composicional de areniscas, se utilizó el triángulo de Folk (1974), como puede verse en la Figura 17.

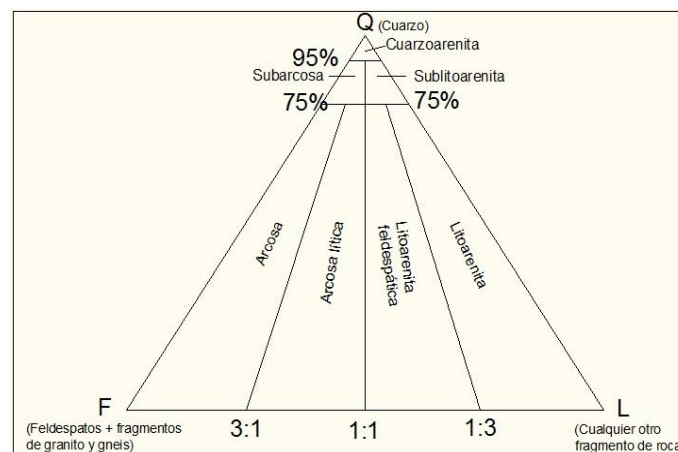


Figura 17. Triángulo de clasificación composicional para areniscas de Folk (1974).

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 9 segmentos de columnas estratigráficas (Tabla 8), correspondientes a las unidades cartografiadas en esta plancha, cuyas edades representan: Pleistoceno superior al Holoceno (Anexo D) y la representación gráfica de estos segmentos se muestran en la (Figura 18).

Tabla 8. Columnas estratigráficas levantadas en la Plancha 255.

LEVANTAMIENTO DE COLUMNAS ESTRATIGRÁFICAS			
No Plancha	No Estación	Unidad Estratigráfica	Espesor (m)
255	CAG-053.	Qe	5
255	MV- 002	Qpe	9
255	YPS 005	Qcf-Qpe	3
255	YPS 004	Qcf	4
255	MB 005	Qcf	4
255	MB 006	Qcf	3
255	MB 008	Qcf	3
255	MB 011	QII	3
255	YPS 002	Qcf	4

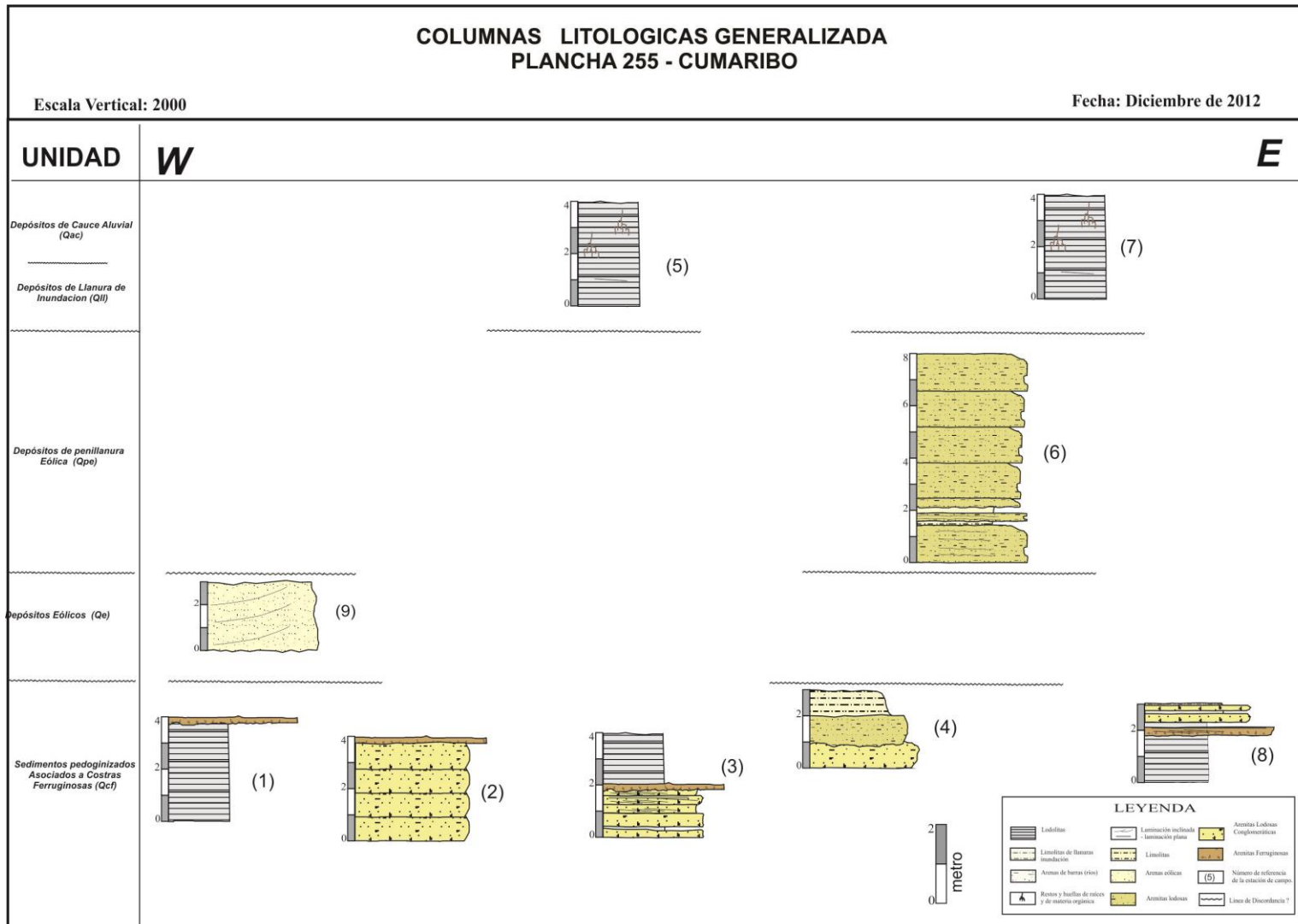


Figura 18. Columnas litológicas generalizadas de la Plancha 255. Los números corresponden a las estaciones de campo de: (1) YPS-005, (2) YPS-004, (3) YPS-002, (4) MB-006, (5) MB-011, (6) MV-002, (7) MB-005 y (8) MB-008 y (9) CAG-053.

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).

5.1.1 Unidad de sedimentos asociados a costras ferruginosas (Qcf)

Esta unidad ha sido propuesta por INGEOMINAS (2006 y 2010), como unidad de Corazas ferruginosas. Dentro del área de estudio, este depósito se extiende sobre la superficie en forma constante a irregular, y en el que la geometría de los estratos son planos con formas lenticulares, canaliformes a discontinuos (Anexo B1 y Figura 18).

Localización

Las rocas de esta unidad se encuentran aflorando en gran parte de la Plancha 255 (Cumaribo), principalmente al sur del río Vichada y en los sectores de los caños Guacamayas, Tuparro, Malicia y Marra.

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.

Hacia el nor-oeste de Cumaribo se encuentra que la base de la unidad Qcf, corresponde a un depósito de capas de arcillolitas y arenitas de grano fino a grueso, con lentes de arenitas conglomeráticas (gránulos) no consolidadas, de tonos rojizos a blancos, con cemento ferruginoso, laminación cruzada, además se presentan intercalaciones de limolitas ferruginosas. Hacia el tope de este segmento se presentan niveles limo arcillosos y capas inconsolidadas de arenitas ferruginosas que, hacia la superficie, forman costras arriñonadas

sueltas que conforman –en muchos casos– gravillas que tapizan el depósito o el suelo y, en otros sectores del área, se encuentran formando capas medias, estratificadas, planas, onduladas a inclinadas (Figura 19).

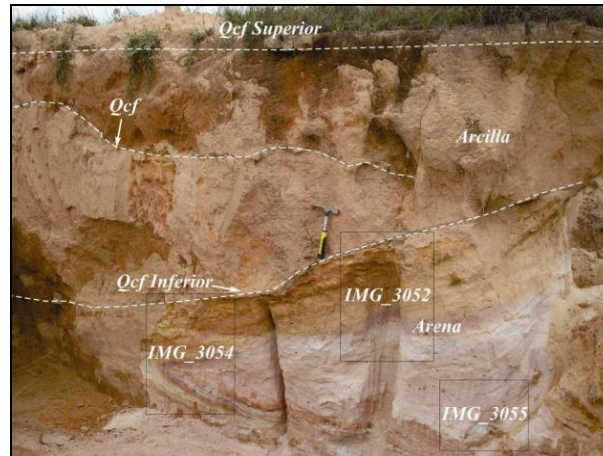


Figura 19. Apique donde se observa dos niveles de costras ferruginosas (Qcf).

En el segmento inferior se encuentran arenas no consolidadas con laminación cruzada, con láminas de costras de 2 cm, seguido de capas limo-arcillosas cubiertas por costras ferruginosas. Vía Cumaribo – Caño Cumariana. Estación YPS-002. N= 984788, E= 1'136.561, Cota= 169.

En otros sitios, como en la vía Cumaribo – Bopone y en los caños Malicia y Cumariana, se observan sobre la superficie (parte superior de la unidad) arenitas ferruginosas de grano medio no consolidadas, con lentes delgados de arcillas y limolitas. También se encuentra que el último metro del depósito está siendo cubierto por capas gruesas onduladas de costras ferruginosas consolidadas (Figura 20), las cuales presentan limolitas y arenas de texturas arriñonadas con granos flotantes de gránulos y guijarros.



Figura 20. Capas gruesas de costras ferruginosas, conformadas por arenas de grano fino a conglomerado, con laminación plana a ondulada. Sector del río Vichada. En Conato con depósitos de llanuras de inundación. Estación VEA-010, Coordenadas N= 975,118, E= 1,136,763, Cota= 128 m.s.n.m.

Generalmente, esta unidad se encuentra conformando sistemas de colinas y de terrazas de formas alargadas y redondeadas, las cuales están circundando a los valles de inundación (Figura 21).



Figura 21. Morfología de terrazas que forman colinas con valles amplios en forma de U, con cimas alargadas. Orientación de la foto 115°. Vía Cumaribo - Caño Cumariana. Estación YPS-007. N: 987.209, E: 1'130.936

Para la Unidad Qcf se tomaron 34 muestras (Tabla 9) con el objetivo de caracterizar sedimentológica y geoquímicamente a la unidad.

Tabla 9. Muestras colectadas para la Unidad Qcf.

ESTACIÓN	PLANCHA (1:50.000)	Coordenadas		IGM	No MUESTRA
		N	E		
HDM-002	255-I	985,306	1,137,536	5,004,698	HDM-002-P
IQA-004	255-II	987,221	1,154,952	5,004,684	IQA-004-P
IQA-017	255-III	971,091	1,142,201	5,004,687 5,004,688	IQA-017-P IQA-017-Macro
IQA-071	255-II	992,681	1,174,649	5,004,073 5,004,691 5,004,692	IQA-071-MP IQA-071-Macro IQA-071-P1
IQA-074	255-II	990,038	1,162,844	5,004,694	IQA-074-P
IQA-106	255-II	991,790	1,150,147	5,004,062	IQA-0-106-P
MB-009	255-I	982,187	1,139,678	5,004,681 5,004,682 5,004,683	MB-009-P1, MB-09-P2, MB-009-P3
OM-005	255-II	997,316	1,180,168	5,004,699	OM-005-P
OM-006	255-II	997,305	1177640	5,004,044	OM-006-G - P
OM-008	255-II	997,679	1,175,551	5,004,700	OM-008-P
OM-009	255-II	998,207	1,172,263	5,004,701	OM-009-P
OM-011	255-II	997,658	1,166,089	5,004,702	OM-011-P
OM-012	255-II	999,982	1,161,093	5,004,094 5,004,703 5,004,704	OM-012 OM-012P1 OM-012P2
VEA-010	255-III	975,118	1,136,763	5,004,707 5,004,708 5,004,709	VEA-010- P1, VEA-010- P2, VEA-010- P3
YPS-059	255-III	979,912	1,120,992	5,004,671	YPS-059-P
YPS-061	255-I	982,302	1,122,415	5,004,672 5,004,109 5,004,673	YPS-061-P1 Macro YPS-061-P2 YPS-061-P3
YPS-062	255-I	984,617	1,120,445	5,004,049 5,004,050 5,004,080 5,004,074 5,004,075	YPS-062-G1, YPS-062-G2, YPS-062-G3 YPS-062-P2, YPS-062-P3,
YPS-077	255-I	995,021	1,131,056	5,004,679	YPS-077-P
YPS-079	255-I	998,502	1,125,722	5,004,680	YPS-079-P

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

Análisis con lupa binocular: Este análisis se realizó a 6 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 22 se 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		
IQA 017P	5,004,688	95	0	1	Cuarzoarenita	255
IQA 071P	5,004,691	98	0	1	Cuarzoarenita	
YPS 061-P1	5,004,672	99	0	1	Cuarzoarenita	
YPS 062P3	5,004,075	90	0	2	Cuarzoarenita	
YPS 077P	5,004,679	96	0	4	Cuarzoarenita	
OM 012	5,004,094	94	0	5	Arena Sublítica	

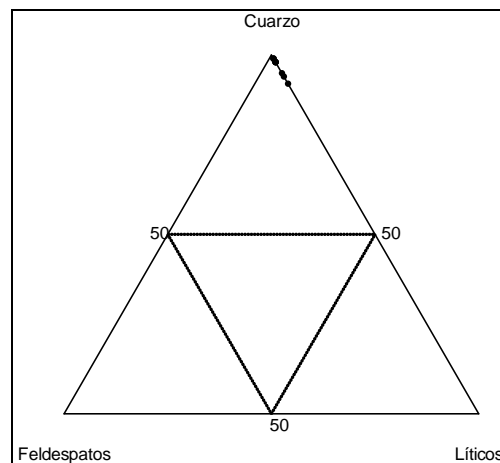


Figura 22. Triángulo de clasificación de Folk (1974). Las muestras de la Unidad Qcf. Se ubican en el campo de las cuarzoarenitas.

Análisis Petrográfico: Este estudio fue realizado a 3 muestras (Tabla 11) que se describen brevemente en esta sección, pero se encuentra con información más detallada en los Anexos D1 y D2.

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

Muestra	IGM	Plancha	Coordenadas	
			N	E
YPS-079	5,004,680	255-I	998,502	1,125,722
OM-011	5,004,702	255-II	997,658	1,166,089
IQA-017	5,004,687	255-III	971,091	1,142,201

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

Muestra YPS-079 IGM 5,004,680

Cuarzoarenita ferruginosa de grano medio a grueso

Roca soportada con esqueleto maduro a super-maduro a base de granos subangulares a subredondeados, con una moderada selección, donde los granos de arena varían de tamaño fino a muy grueso (0,15 1,25 mm, respectivamente), donde predominan los tamaños de arena medio y grueso, cementados por abundante hematita. La composición es de abundantes cuarzos, muchos de ellos fracturados y con porcentajes muy inferiores de líticos de cuarzo-arenitas de grano fino, cuarcitas, y escasas lodolitas, así como algunas que parecen ser fragmentos de rocas ferruginosas semejantes a ésta. La porosidad que presenta es alta de tipo secundario, por disolución parcial de la hematita, y de tipo intragranular en los cuarzos fracturados (Figura 23).

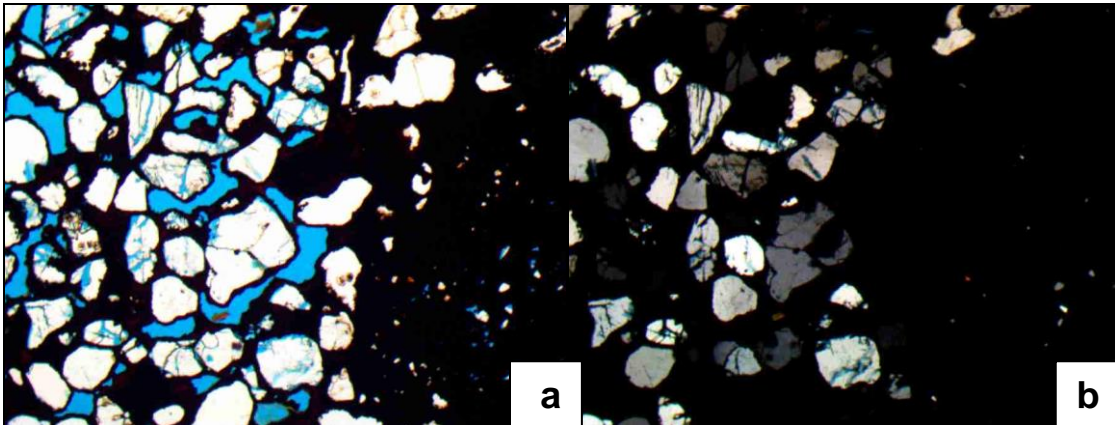


Figura 23. Muestra YPS-079. **a.** Nícoles paralelos **b.** Nícoles cruzados. Se observa un alto porcentaje de porosidad, con clastos de cuarzo monocristalino y policristalino algunos fracturados, también se observan fragmentos tamaño arena muy fina.

Muestra OM-011 IGM 5,004,702

Sublitoarenita ferruginosa de grano fino

Roca compuesta por un esqueleto súper maduro, con grano soportado con una base de granos de cuarzo (principalmente) y una baja proporción de fragmentos líticos cuarzosos. Los fragmentos líticos corresponden a cuarcitas, cuarzo-arenitas de grano fino y limolitas. La selección es pobre, con granos que varían entre el tamaño limo y arena gruesa, con predominio de tamaño arena fina (Figura 24)

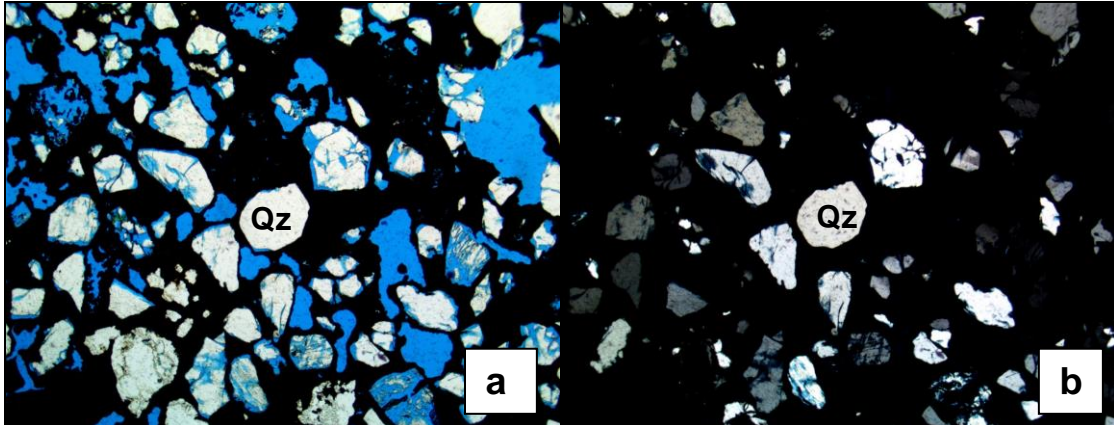


Figura 24. Muestra OM-011. a. Nícoles cruzados, se observan granos de cuarzo (Qz) y la porosidad en azul b. Se observan cuarzos monocristalinos.

Muestra IQA-017 IGM 5,004,687

Litoarenita ferruginosa gradada

Roca con una estructura gradada en capas muy delgadas, cuyo tamaño predominante varía entre grano grueso y limo, pero con una muy pobre selección. El esqueleto es maduro, con una base de granos de cuarzo y de fragmentos líticos de antiguas rocas, incluyendo cuarzo-arenitas de grano fino y muy fino, cuarcitas, limolitas silíceas y lodolitas cementadas por óxidos de hierro y –en menor proporción– manganeso (Figura 25).

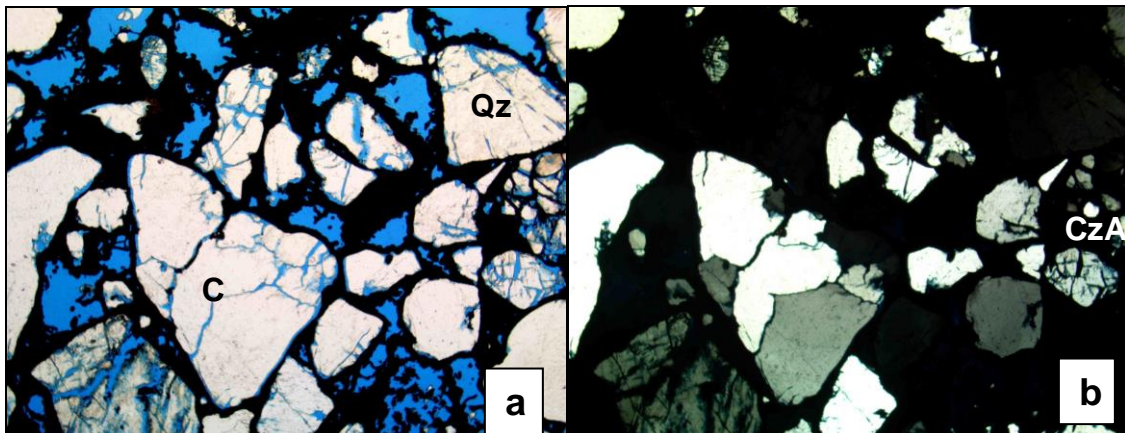


Figura 25. Muestra IQA-017. Litoarenita ferruginosa, con clastos de cuarzo (Qz) y fragmentos líticos de cuarcitas (C) y cuarzoarenitas de grano muy fino (CzA). a. Nícoles paralelos. b. Nícoles cruzados.

Contactos

La unidad Qcf, el contacto inferior es indeterminado. No obstante, se pudo determinar que el contacto con las unidades suprayacentes Qe y Qpe, es erosivo y –en ocasiones– transicional.

Extensión

Esta unidad presenta una extensión aproximada de 600 km². En la vía que conduce de Cumaribo a Guacamayas y río Vichada, se infieren espesores de entre 2 a 5 metros.

Correlación

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

Edad

Dentro de este estudio se determinó que la edad de esta unidad se encuentra en el Pleistoceno, debido a su posición estratigráfica y por la correlación hecha con la Formación La Mesa. Esto se soportó con datos de palinología de las muestras IQA-070-P1 e IQA-106 (Anexo D3).

Interpretación

Los depósitos basales de esta unidad corresponden a depósitos de llanura de inundación aluvial, los cuales han estado sometidos a largos períodos 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 en los depósitos de la margen del río.

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

5.2 CUATERNARIO: HOLOCENO

Dentro de este periodo de tiempo se tiene que los depósitos son principalmente arenosos, areno-lodosos y algunas veces arcillosos. Generalmente son de composición de cuarzo y líticos, con escasa matriz limo-arcillosa. Dentro de estas unidades tenemos: Depósitos eólicos (Qe) y Depósitos de penillanura eólica (Qpe) y –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 (Qll).

5.2.1 Depósitos eólicos (Qe)

Esta unidad ha sido mencionada por INGEOMINAS (2006 y 2010), como depósitos no consolidados de arenas amarillas, de cuarzo de grano fino a medio, bien seleccionadas y de granos subredondeados a redondeados. Unidad que dentro del área de estudio presenta similares características a las descritas, y en el que la geometría del depósitos son formas de lentes inconsolidados y la distribución se limita a las regiones que se encuentran al nor-oeste de la Plancha 255.

Localización

Estos depósitos se encuentran cubriendo pequeños sectores de la Plancha 255. Las mejores exposiciones se encuentran en las regiones cercanas a la laguna de Guipame, al norte del municipio de Cumaribo y en el sector conocido como “La Arenera” cercano al Retén Militar La 14 (Figura 26).

Descripción

Esta unidad se encuentra compuesta por arenas cuarzosas friables, con tamaño de grano de fino a medio, subredondeados a redondeados de alta esfericidad, con selección moderada a buena. Su composición es; cuarzo 97% y fragmentos líticos 3%. El color predominante de las arenas es blanco a amarillo pálido y rojo claro por procesos de ferruginización. Los espesores de esta unidad son muy variables y de pocos metros (Figura 26).

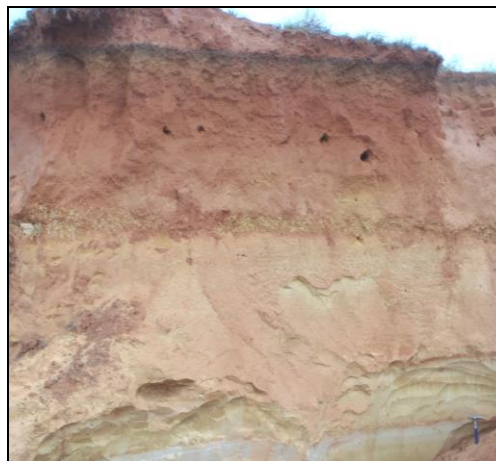


Figura 26. Afloramiento de arenas inconsolidadas muy friables, contacto entre las unidades Qcf y Arenas de origen eólico. Sector de La Arenera. Estación CAG-053, coordenadas N: 984.191, E: 1'039.795

Morfológicamente las arenas de esta unidad eólica, se encuentran de manera aislada y conforma algunas llanuras y sabanas de ligeras ondulaciones (Figura 27).



Figura 27. Arenas de grano fino a medio, friable. Morfología de sabanas. Unidad Qe?. Estación CAG-059. Coordenadas N: 993,183; E: 1'139,679.

Para la unidad Qe se tomaron 2 muestras con el objetivo de caracterizar sedimentológica y geoquímicamente a la unidad (Tabla 12, Tabla 13 y Figura 28).

Tabla 12. Muestras tomadas para la unidad Qe

ESTACIÓN	PLANCHA (1:50.000)	Coordenadas		IGM	No MUESTRA
		N	E		
IQA-012	255-II	1,000,000	1,154,983	5,004,086	IQA-012-P
IQA-014	255-II	998,236	1,167,621	5,004,686	IQA-014-P

Tabla 13. Muestra analizada macroscópicamente para la Unidad Qe.

Muestra	IGM	Composición			Clasificación Composicional Folk (1974)	Plancha
		Cuarzo	Feldespatos	Líticos		
IQA 014	5,004,686	98	0	2	Arena cuarzosa	255

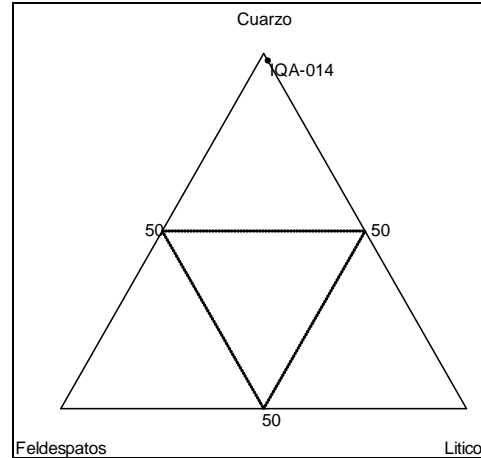


Figura 28. Triángulo de clasificación de (Folk, 1974). La muestra IQA-014. se ubica en el campo de las arenas de cuarzo.

Contactos

El contacto entre la unidad Qe con la unidad infrayacente Qcf es discordante, mientras que con las unidades de penillanura Qpe y las de origen aluvial, el contacto es transicional.

Extensión

Esta unidad se encuentra en la Plancha 255 en los sectores de La Arenera, cerca al Retén Militar de La 14. El espesor inferido puede ser de unos 3 m y alcanza una extensión de 50 km².

Correlación

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

Edad

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

Interpretación

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

geoformas han sido fosilizadas por procesos de sedimentación y ferruginización, o han sido cubiertos por vegetación.

5.2.2 Depósitos de penillanura eólica (Qpe)

INGEOMINAS (2010), en desarrollo de los proyectos geológicos del Vichada, ha definido que los depósitos no consolidados de arenas de cuarzo con matriz de lodo, sean nombrados como “Depósitos de penillanura eólicos (Qp y Qpe)”, definición que se adapta para el conjunto de sedimentos que afloran a lo largo de las extensas sabanas de la Plancha 255, las cuales están compuestas por bancos inconsolidados de arenas de cuarzo, de grano fino a medio, de color amarillo a marrón, con líticas 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 aflorando hacia las regiones del nor-oeste de la Plancha 255, donde se extiende sobre las grandes sabanas.

Descripción

Generalmente esta unidad está conformada por depósitos inconsolidados de arenas de cuarzo y de líticas, con matriz limo-arcillosa, óxidos de hierro y materia orgánica y, ocasionalmente, huellas de bioturbación, como se muestra en la Figura 29.



Figura 29. Unidad Qpe, conformada por bancos de arenas de grano fino con matriz arcillosa, depósito de 10 m. de espesor. Estación OM-010. Coordenadas N: 997,888; E: 1'167,785

Hacia el norte de Cumaribo se encuentra que la base de la unidad Qpe, presenta capas gruesas de arcillas moteadas (grawackas) y macizas, suprayacidas por capas gruesas de arenas friables de color amarillo, de grano fino a grueso, sin cementar, formando estratos planos que dan una topografía de horizontal a levemente ondulada, con pendientes entre el 1 y 3 %. En el segmento superior, las arenas son de cuarzo de grano fino, friables, matriz

arcillosa del 1 al 3%, baja proporción de fragmentos líticos, óxidos y se encuentran con materia orgánica de color marrón (Figura 30 y Figura 31).



Figura 30. Afloramiento de 8 metros de espesor. Hacia la base capas gruesas y macizas de grawackas y hacia el tope capas de arenas de grano fino a conglomeráticas, de pobre selección, con matriz arcillosa, formando laminación plana de tonos rojos. Estación MV- 002



Figura 31. Detalle de las arenas de grano fino a medio con matriz limosa y materia orgánica en poca proporción de la unidad Qpe. Carretera El Tuparro a Cumaribo. Estación CAG-002. Coordenadas N: 999,827; E: 1'143,154.

En esta unidad se colectaron 43 muestras de sedimentos (Tabla 14), con el objetivo de caracterizarla sedimentológica y geoquímicamente a la unidad.

Tabla 14. Muestras colectadas para la Unidad Qpe

ESTACIÓN	PLANCHA (1:50.000)	Coordenadas		IGM	No MUESTRA
		N	E		
CAG-036	255-I	998,584	1,129,150	5,004,107	CAG-036
CAG-055	255-I	986,909	1,136,477	5,004,108	CAG-055P
IQA-001	255-I	984,764	1,145,252	5,004,083	IQA-001-P
IQA-002	255-II	986,859	1,151,973	5,004,084	IQA-002-P
IQA-007	255-II	991,814	1,167,578	5,004,685	IQA-007-P
IQA-008	255-II	992,110	1,170,429	5,004,106	IQA-008-P
IQA-009	255-II	993,087	1,176,649	5,004,071	IQA-009-P
IQA-010	255-II	991,805	1,179,423	5,004,085	IQA-010-P
IQA-028	255-III	972,109	1,142,180	5,004,087	IQA-028-P
IQA-068	255-I	990580	1,122,274	5,004,102 5,004,689	IQA-068-P IQA-068-Macro
IQA-069	255-I	990912	1,124,317	5,004,103	IQA-069-P
IQA-070	255-II	992,683	1,178,333	5,004,058 5,004,690	IQA-070-P IQA-070-P1
IQA-072	255-II	993,372	1,171,720	5,004,074	IQA-072-P
IQA-073	255-II	991,275	1,164,507	5,004,104 5,004,693	IQA-073-P IQA-073-Macro
IQA-075	255-II	988,598	1,159,500	5,004,088 5,004,695	IQA-075-P IQA-075-Macro
IQA-078	255-II	987,636	1,160,520	5,004,089	IQA-078-P
IQA-080	255-I	986,097	1,148,368	5,004,090 5,004,696 5,004,697	IQA-080-P IQA-080-Macro IQA-080-Gran
IQA-105	255-II	992,428	1,155,546	5,004,078	IQA-0-105-P
IQA-107	255-I	990,178	1,147,090	5,004,105	IQA-0-107-P
IQA-108	255-I	988,463	1,140,539	5,004,091	IQA-0-108-P
JRA-100	255-I	996,895	1,139,028	5,004,092 5,004,668 5,004,669	JRA-100-P JRA-100-Macro JRA-100-Gran
MV-001	255-II	986,242	1,159,080	5,004,705	MV-001
MV-002	255-I	987,818	1,140,822	5,004,706	MV-002
OM-010	255-II	997,888	1,167,785	5,004,093	OM-010-P
YPS-002	255-I	984,788	1,136,561	5,004,095 5,004,096 5,004,097 5,004,670	YPS-002-P1 YPS-002-P2 YPS-002-P3 YPS-002-P4Macro
YPS-067	255-I	990,859	1,123,964	5,004,098	YPS-067-P1
YPS-070	255-I	988,007	1,129,694	5,004,676	YPS-070-P1
YPS-072	255-I	986,726	1,140,763	5,004,099	YPS-072-P
YPS-074	255-I	991,324	1,137,588	5,004,100 5,004,677 5,004,678	YPS-074-P YPS-074-Macro YPS-074-Gran
YPS-075	255-I	990,502	1,131,589	5,004,101	YPS-075-P

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 análisis se realizó a 8 muestras (Tabla 15) lo que permitió detallar textura, composición y porcentajes de minerales. Para esta clasificación de rocas se usó Folk (1974) y en la Figura 32, se observan la clasificación grafica de estas muestras.

Tabla 15. Muestras analizadas con lupa binocular. Unidad Qpe.

Muestra	IGM	Composición			Clasificación Composicional Folk (1974)	Plancha
		Cuarzo	Feldespatos	Líticos		
IQA 068	5,004,689	94	0	6	Arena Sublítica	255
IQA 073	5,004,693	98	0	2	Arena Cuarzosa	
IQA 075	5,004,695	99	0	1	Arena Cuarzosa	
IQA 080	5,004,696	98	0	2	Arena Cuarzosa	
JRA 100	5,004,092	99	0	1	Arena Cuarzosa	
YPS 002P4	5,004,670	98	0	2	Arena Cuarzosa	
YPS 070P1	5,004,676	98	0	2	Arena Cuarzosa	
YPS 074	5,004,677	92	0	8	Arena Sublítica	

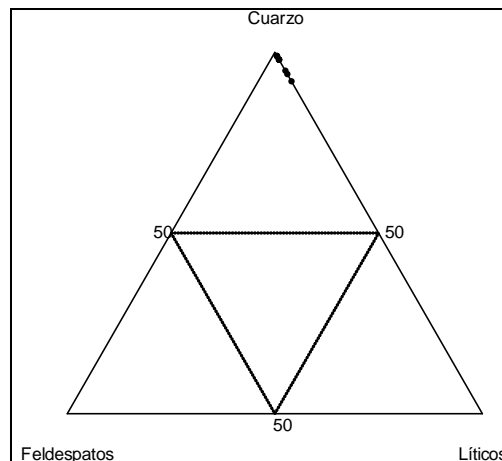


Figura 32. Triángulo de clasificación de (Folk, 1974), donde las muestras analizadas corresponden al campo de las arenas de cuarzo

Contactos

En el área de la Plancha 255, los Depósitos de penillanura eólica (Qpe) presentan un contacto de neto a transicional con la unidad infrayacente Qcf y, con las unidades suprayacentes –depósitos aluviales Qal y Qll– el contacto es transicional.

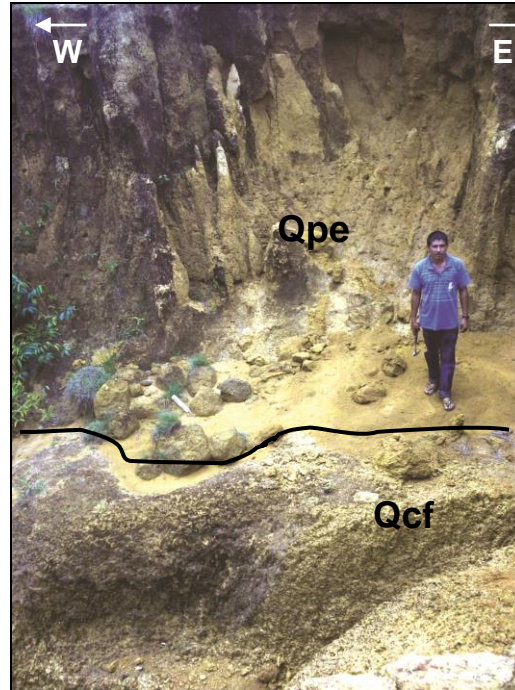


Figura 33. Vía El Tuparro-Cumaribo, Hacia la base 5 m de arenas arcillosas, ferruginosas y moteadas, suprayaciendo en contacto transicional 4 m arenas de grano fino con matriz de limo y de materia orgánica Unidad Qpe. CAG-024-2. Coordenadas N: 987,826; E: 1'140,832.

Extensión

Los depósitos de esta unidad se ubican principalmente en el norte de la Plancha 254, abarcando un área cercana a los 800 km². El espesor de esta unidad varía de unos pocos centímetros –en los alrededores de la vía Guacamayas– hasta los 10 metros, como se ve al norte de Cumaribo.

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 37), 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.

5.2.3 Depósitos aluviales

Con el trabajo de campo y con el análisis de fotografías aéreas, se identificaron dos tipos de depósitos aluviales: Llanuras de inundación (QII) y Depósitos de cauce aluvial (Qac).

Los depósitos aluviales se encuentran ampliamente distribuidos en la región de los Llanos Orientales, e involucran al área de la Plancha 255 (Cumaribo), 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 el río Vichada y en los caños Guacamayas, Tuparro, Malicia y Marra.

5.2.3.1 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 básicamente del río Vichada (Anexo B1).

Localización

Los depósitos de llanura de inundación, se encuentran localizados en las márgenes del río Vichada y en menor extensión, en los caños Guacamayas, Marra, Tuparro y Malicia (Figura 34).



Figura 34. Superficie plana a ligeramente ondulada con depósitos arenolodoso (QII). Vía Cumaribo - Caño Guacamayas. Estación YPS-062, Coordenadas N: 984617, E: 1120445.

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 (Figura 35).



Figura 35. Cabecera de zona pantanosa e inundable por el invierno (QII).

Vía Cumaribo - Caño Guacamayas Estación YPS-069. Coordenadas N: 990168, E: 1126760.
Orientación de la foto 70°.

En esta unidad se colectaron 2 muestras en total (Tabla 16 y Anexo D4), con el objetivo de caracterizarla sedimentológica y geoquímicamente a la unidad.

Tabla 16. Muestras colectadas para la Unidad QII.

ESTACIÓN	PLANCHA (1:50.000)	Coordenadas		IGM	N.º MUESTRA
		N	E		
IQA-077	255-II	987,536	1,161,433	5,004,075	IQA-077-P
MB-001	255-I	981,907	1,145,076	5,004,024	MB-001-SI

Contactos

En la Plancha 255, la unidad Llanuras de inundación QII, al parecer presenta contactos de tipo transicional con las unidades adyacentes.

Extensión

Los depósitos pertenecientes a la unidad Llanuras de inundación (QII) en el área de la Plancha 255 (Cumaribo), presentan una extensión de 400 km², los cuales se extienden principalmente sobre los márgenes del río Vichada.

Edad

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

Interpretación

Los depósitos descritos anteriormente reflejan en gran parte las planicies aluviales que, con frecuencia, son invadidas por las aguas de los ríos y caños durante los periodos de crecida. De esta manera cuando el nivel del agua baja, una nueva capa de sedimentos queda depositada sobre el anterior depósito de la llanura.

5.2.3.2 Depósitos de cauce aluvial (Qac)

INGEOMINAS (2010), establece que estos depósitos son producto de la erosión fluvial, transporte y sedimentación, ocurridos sobre las márgenes de los ríos 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, en esta plancha, el cauce principal lo forma el río Vichada, que alcanza grandes extensiones, al igual que los caños Malicia, Guacamayas y Tuparro.

Descripción

Corresponden a depósitos de barras de arenas, de tamaño fino a medio, inconsolidadas, compuestas principalmente por cuarzo hialino, de buena selección. Estos depósitos son producto de la erosión fluvial, transporte y sedimentación, los cuales ocurren sobre las márgenes de los ríos (Figura 36).



Figura 36. Vista aérea del cauce del río Vichada en cercanías a Cumaribo, donde se acumulan grandes extensiones de arenas de playa.

En el cauce del río Vichada y en áreas menores, se forman bancos de arenas de cuarzo de color amarillas, de grano muy fino a fino, buena selección, redondeadas, con bajo contenido de material lodoso y óxidos de hierro, y, en algunos sectores, estos depósitos presentan fragmentos líticos, magnetita y minerales translúcidos, los cuales varían de acuerdo a la dinámica y el material aportante del río.

En esta unidad Qac se colectaron 12 muestras en total (Tabla 17 y Anexo D4), con el objetivo de caracterizar a la unidad geoquímicamente.

Tabla 17. Muestras colectadas para la Unidad Qac.

ESTACIÓN	PLANCHA (1:50.000)	Coordenadas		IGM	No MUESTRA
		N	E		
IQA-076	255-II	990,117	1,158,750	5,004,055	IQA-076-G
IQA-109	255-I	989,749	1,140,355	5,004,056	IQA-0-109-G
JRA-101	255-I	993,765	1,139,422	5,004,054	JRA-101-G
MB-010	255-III	979,732	1,133,807	5,004,025	MB-010-SI
VEA-004	255-II	992,117	1,162,862	5,004,014	VEA-004-G
VEA-007	255-I	981,979	1,126,990	5,004,015	VEA-007-G
VEA-008	255-IV	979,030	1,152,530	5,004,016	VEA-008-G
VEA-009	255-III	974,139	1,149,099	5,004,017	VEA-009-G
YPS-058	255-III	978,904	1,120,216	5,004,048	YPS-058-G
YPS-073	255-I	989,739	1,140,300	5,004,051	YPS-073-G
YPS-078	255-I	996,493	1,130,483	5,004,052	YPS-078-G
YPS-080	255-I	1,000,467	1,125,705	5,004,053	YPS-080-G

Contactos

En la Plancha 255, 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 255 (Cumaribo), se presentan a lo largo y ancho del río Vichada, y en los cauces de los caños: Guacamayas, Tuparro, Marra, y Arreita, donde alcanzan extensiones cercanas a los 600 km² y pueden alcanzar espesores de hasta 4 metros.

Edad

La edad de estos depósitos se ha determinado por relaciones estratigráficas como Holoceno a recientes.

Interpretación

Los depósitos de cauce aluvial son depósitos característicos de los ríos meándricos, en 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 37).

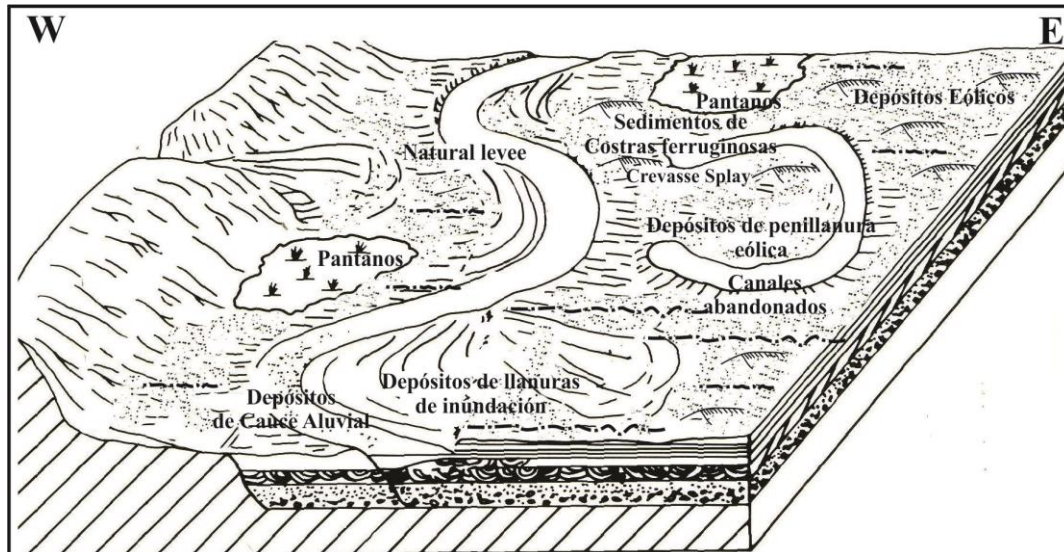


Figura 37. Bloquediagrama de una planicie aluvial. Donde se depositaron las unidades de costras ferruginosas, depósitos eólicos, de penillanuras y sedimentos de origen aluvial. (Tomado y modificado de Friedman G. *et al*)

6. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

En el área de estudio del Bloque 9, Plancha 255 (Cumaribo), 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 ondulada flexural, lo cual puede hacer que estas zonas migren en la misma dirección que el cinturón orogénico (Figura 38). 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 39); 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 38); 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).

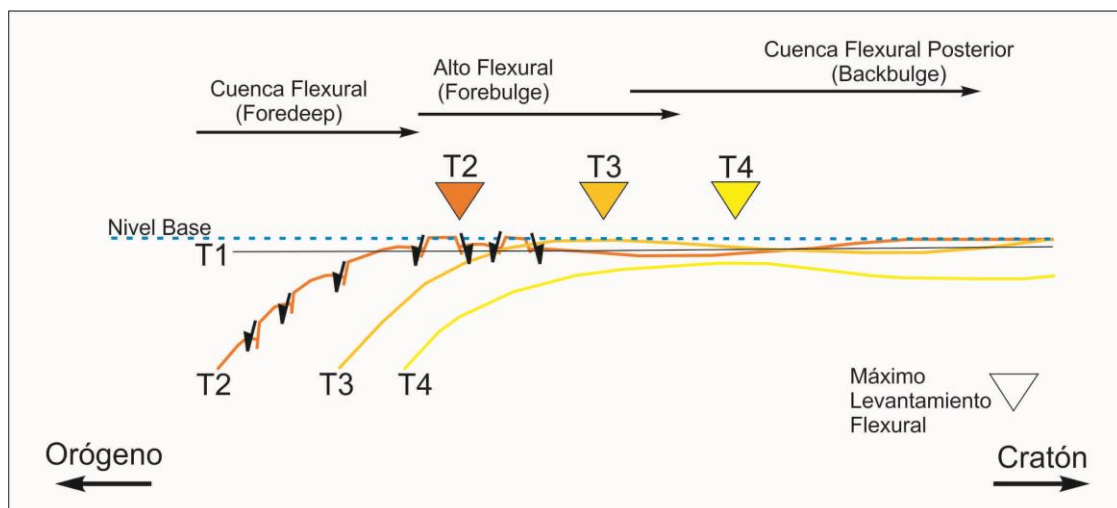


Figura 38. Migración de la ondulada flexural en un sistema de cuenca de antepaís. Según DeCelles y Giles (1996), tomado de Bayona *et al.* (2008)

Adicionalmente al control tectónico en la evolución de este tipo de cuencas, tenemos también el control climático, que influyó tanto al cinturón orogénico como a la cuenca de antepaís, debido a que ejerce control sobre la relación

espacial de acomodación/suministro de sedimento (Holbrook *et al.*, 2006) e influencia la evolución del cinturón orogénico debido a que la erosión prolongada puede ejercer influencia en el desarrollo de zonas tectónicamente activas (Mora *et al.*, 2008).

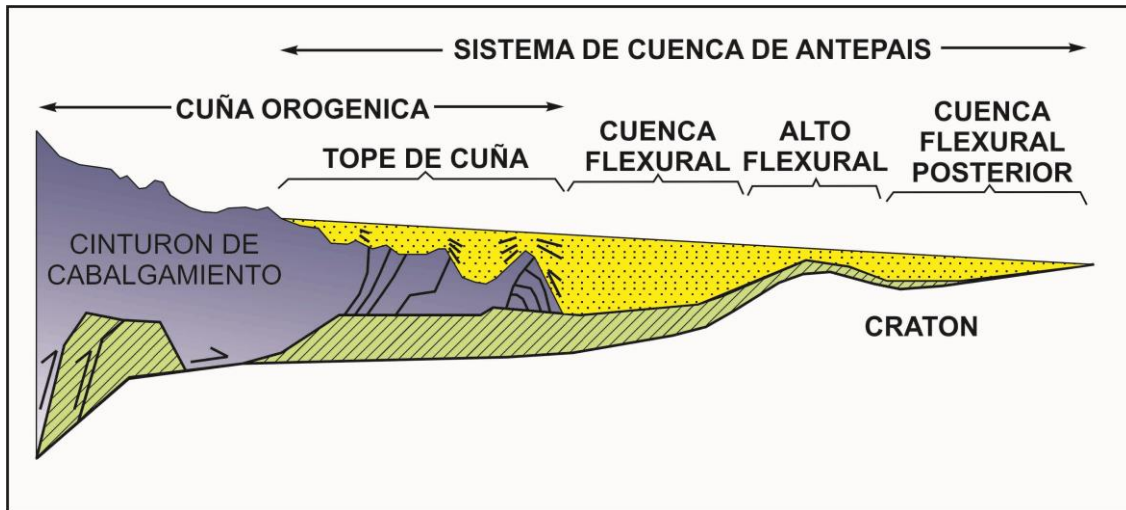


Figura 39. Esquema representativo de las zonas de deposición en un sistema de cuenca de antepaís. Tomado de DeCelles y Giles (1996).

6.2 ESTRUCTURAS DE CAMPO

En esta plancha las estructuras propuestas de campo, se basan en datos dispersos, que en algunos sectores de la plancha se plantean como estructuras definidas y en otras como inferidas, ya que su continuidad difícilmente se puede corroborar en campo, incluso con el uso de sensores remotos. No obstante, con la observación de las imágenes de satélite y de fotos aéreas se lograron realizar algunos trazos estructurales dentro del área de la Plancha 255.

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 40 se presentan los rasgos estructurales y geológicos de la plancha.

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

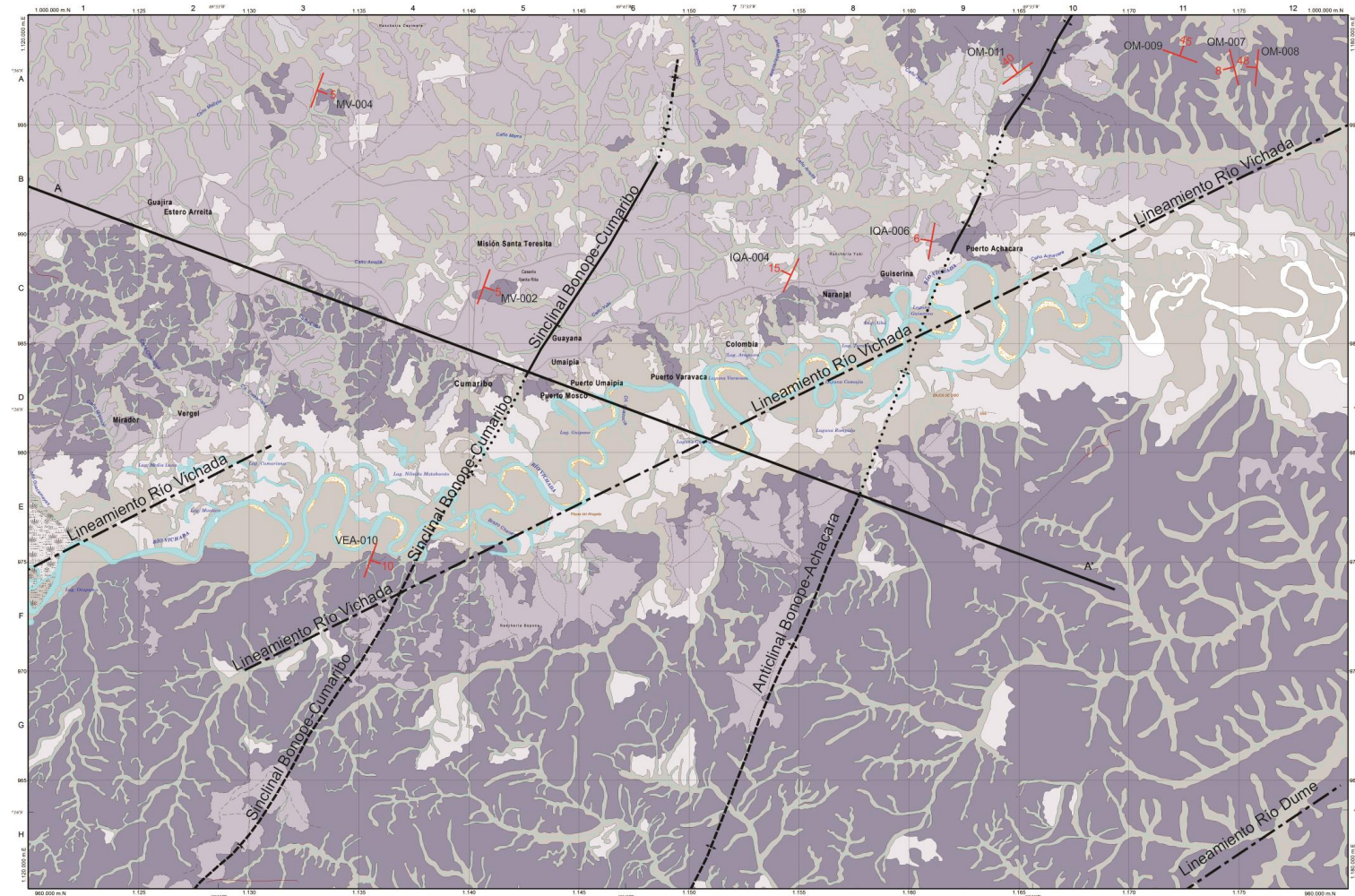


Figura 40. Mapa de ubicación de las principales estructuras y lineamientos regionales. El corte AA' se observa en la Figura 41

6.2.1 Pliegues

Los plegamientos definidos en las Planchas 273 y 274, adyacentes a la Plancha 255, son continuos en el área de esta plancha, donde también se mencionan como sinclinal de Boponé – Cumaribo y anticlinal del Boponé – Achacara, cuyo rumbo es de N20E.

6.2.1.1 Sinclinal del Boponé – Cumaribo

Este sinclinal ha sido identificado en la unidad gracias a los datos obtenidos en campo, como las que se registran en las estaciones VEA-010 (120/5°), MV-02 (110/5°) y MV-04 (110/5°) los cuales determinan el flanco occidental de la estructura y con los datos de campo de IQA (280/6°), se pudo definir el flanco oriental de este sinclinal. No obstante los datos, para algunos sectores de la plancha fue necesario inferir la ubicación del sinclinal, como sucedió en el sector norte de la misma.

Esta estructura es la prolongación del sinclinal definido en las Planchas 274 y 273, la cual presenta una orientación de N40E (Figura 41).

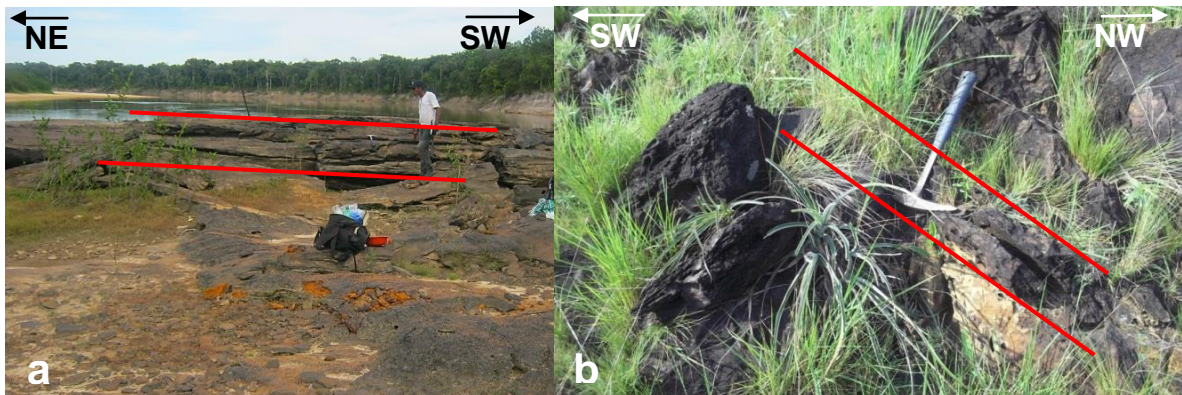


Figura 41. a. Capas horizontales con dato (120/5°) de la Unidad Qcf, Estación VEA-010 (120/5°). **b** capas con datos de (334/40°). Estación OM-011. Datos confirman los flancos estructurales del sinclinal de Bopone.

6.2.1.2 Anticlinal de Boponé – Achacara

En la parte sur de la Plancha 255 el anticlinal Boponé – Achacara fue inferido, mientras que hacia el norte del río Vichada el sinclinal pudo ser definido gracias a los datos de las estaciones OM-009 (20/45°), IQA-006 (280/6°), IQA (295/15°) y OM-011 (334/40°). Los datos de la primera estación mencionada permitió identificar el flanco oriental del anticlinal, mientras que las estaciones restantes mencionadas permitieron definir el flanco occidental.

Esta estructura es la prolongación del anticlinal definido en las Planchas 274 y 273, la cual presenta una orientación de N22E.

6.2.2 Fallas

Las observaciones y las evidencias de fallas en el área de trabajo son muy limitadas, debido a la geomorfología del terreno, a la carencia de afloramientos y al enterramiento que presentan los planos de falla por los depósitos cuaternarios y por la misma cobertura de vegetación, por lo tanto no fue posible observarlas en terreno.

Debido a lo anterior, las expresiones estructurales de fallas no se pudieron reconocer en campo y para completar el área no cuenta con información sísmica para establecer ciertas estructuras del subsuelo, tan solo se logró reconocer expresiones de lineamientos de esta región, los cuales pueden ser coincidentes con algunas falla de subsuelo.

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 40) los cuales son de carácter local y regional, y presentan dos patrones de dirección, como se resume en la Tabla 18 y que se describe a continuación:

Lineamiento del río Vichada: tiene una orientación N65°E, el trazo es determinado a lo largo del río Vichada, y se prolonga desde la Plancha 272 hasta la 255 (Anexo B1). Al sur-oeste de este lineamiento se presentan algunos lineamientos menores.

Lineamiento del caño Dume: este se presenta al sur-oriente de la Plancha 255, tiene dirección N55°E, y es la prolongación del lineamiento del caño Dume de la Plancha 274.

Tabla 18. Lineamientos interpretados en el área de estudio

Lineamiento	Orientación
Caño Dume	N55°E
Río Vichada	N50°E - N65°E

6.4 ESTRUCTURAS DEL SUBSUELO

Para esta plancha no existe información sísmica, haciendo de la interpretación estructural una tarea aún más difícil, ya que las expresiones de fallas generalmente se encuentran cubiertas por depósitos recientes por lo que su

expresión en superficie es muy limitada y –al parecer– se restringe al control de algunos cauces de drenajes, los cuales fueron interpretados como lineamientos.

Basados en la información de campo, en fotointerpretación y en la semejanza estructural que presenta esta plancha con las Planchas 274 y 273, se construyó una sección estructural 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. El resultado se muestra en la Figura 42.

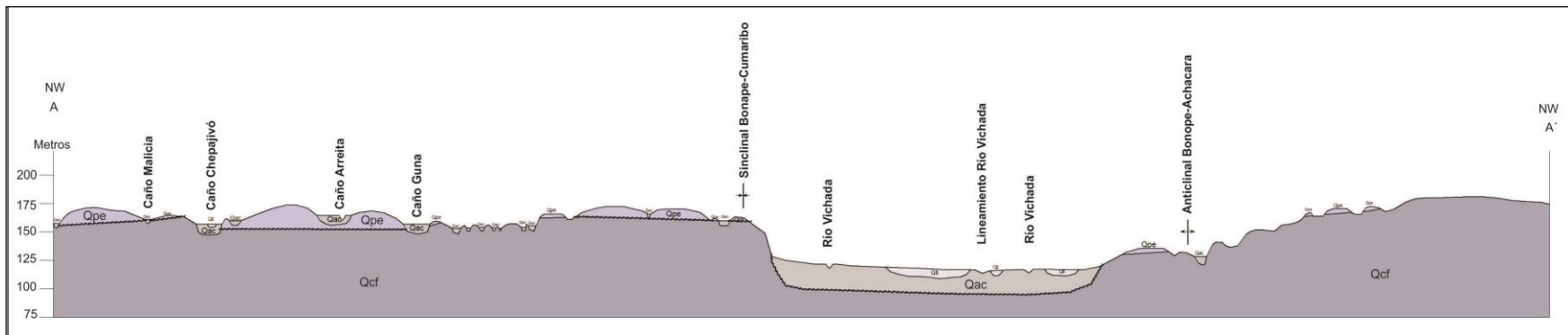


Figura 42. Sección estructural generalizada construida en el área de estudio.

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 255 (Cumaribo). Para tal fin, se diseñó un sistema de bloques con dimensiones de 30 km x 20 km, tomando como base un mapa a escala 1:100.000, donde se colectarán muestras sobre los drenajes más representativos, con el fin de obtener información de seis elementos mayores (Al, Ca, Mg, K, Ti, Fe) y como mínimo nueve elementos trazas (Mn, C, Cu, K, Ba, Cd, Mo, Ni, Pb y Zn).

7.1 MUESTREO GEOQUÍMICO

Para el análisis geoquímico, se colectaron en esta plancha (40) 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 total de la plancha (2400 km²) en cuatro 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.

El muestreo geoquímico de la Plancha 255 (Cumaribo) consistió en la toma de tres tipos de muestras: 1) Sedimento activo fino, colectadas en corrientes activas, 2) Muestras de suelo y 3) Muestras de la llanura de inundación, tomadas en depósitos recientes de las corrientes de agua y 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 255:

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, la cual permitió la acumulación de los materiales de arrastre más finos, pero teniendo en cuenta que se encontraran cubiertos de agua al momento de la muestra.

7.1.2 Suelo

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

7.1.3 Llanura de inundación

Se colectaron dos muestras en la llanura de inundación, en los sectores aledaños a los cauces de las grandes corrientes de agua, como los ríos. Los depósitos de llanura de inundación, se encuentran localizados principalmente cerca a las márgenes del río Vichada y –en menor extensión– cerca a los caños Guacamayas, Misimisi, Malicia, Arreita y Yubí (Anexos A2)

7.2 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS GEOQUÍMICOS

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

De los resultados obtenidos por medio de FRX, se descartaron aquellos que se encontraron por debajo del límite de detección (Tabla 19).

Tabla 19. Control de muestras válidas (V) y no válidas (NV), obtenidos por FRX.

Elementos y Compuestos	Qcf		QII		Qpe		Sed. Activos		TOTAL	
	V	NV	V	NV	V	NV	V	NV	V	NV
SiO ₂	10		2		25		3		40	0
TiO ₂	10		2		25		3		40	0
Al ₂ O ₃ %	10		2		25		3		40	0
Fe ₂ O ₃ %	10		2		24	1	3		39	1
MgO %	0	10		2		25		3	0	40
K ₂ O %	1	9		2	1	24		3	2	38
P ₂ O ₅ %	9	1		2	20	5	1	2	30	10
V ppm	10			2	22	3	2	1	34	6
Zr ppm	10		2		25		3		40	0
Nb ppm	9	1	2		24	1	3		38	2
Mo ppm	5	5		2	15	10		3	20	20
Sn ppm		10		2	5	20		3	5	35
Hf ppm	6	4		2	23	2	2	1	31	9
W ppm	1	9		2		25		3	1	39

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 20 y Tabla 21). Utilizando estos valores de referencia, se seleccionaron aquellos que presentaban valores superiores a estos promedios y se realizaron mapas de concentración para los elementos y compuestos que presentaron valores altos (TiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, V, Zr, Nb, Mo y Hf).

A continuación se presentan los mapas de distribución de los elementos y compuestos escogidos, donde se observa una mayor abundancia de TiO₂, Al₂O₃, Nb y V hacia la esquina noroeste de la zona, con el mínimo hacia el sur y suroeste. El Fe₂O₃, Hf, Mo y Zr, presentan una tendencia similar con los valores más altos al norte y los más bajos al sur, aunque los valores no alcanzan los máximos que se observan en los anteriores elementos y compuestos (Figura 43 y Figura 44).

Para el caso de los resultados obtenidos por ICP-MS, los datos mostraron –en general– unos valores por debajo del promedio de la corteza (Rudnick y Gao, 2003), a excepción del As, Th, Ce e Y (Figura 45), para los que se obtuvieron

valores por encima del promedio de la corteza en algunas muestras. No se realizaron mapas de distribución debido a la baja densidad de muestras en las que se realizaron estos análisis.

Tabla 20. 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.

Nº	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	
1	984764	1145252	IQA-001-P	37724-I	5004083	81,30	0,82	9,03	3,31	< 0,10	< 0,08	0,038	75	836	18	2	< 8	17	< 8	5,34	Qpe	
2	986859	1151973	IQA-002-P	37725-I	5004084	82,23	0,67	8,54	3,44	< 0,10	< 0,08	0,042	67	664	15	< 2	< 8	16	< 8	4,95	Qpe	
3	991805	1179423	IQA-010-P	37726-I	5004085	85,31	0,59	6,79	3,02	< 0,10	< 0,08	0,035	51	922	15	3	9	20	< 8	4,11	Qpe	
4	972109	1142180	IQA-028-P	37728-I	5004087	86,90	0,59	5,81	2,65	< 0,10	< 0,08	0,044	48	851	13	2	< 8	18	< 8	3,91	Qpe	
5	998598	1159500	IQA-075-P	37729-I	5004088	86,45	0,70	6,41	2,35	< 0,10	< 0,08	0,032	49	1091	15	< 2	< 8	25	< 8	3,93	Qpe	
6	987636	1.160.50	IQA-078-P	37730-I	5004089	91,90	0,41	3,50	1,33	< 0,10	< 0,08	0,026	32	535	8	< 2	< 8	9	< 8	2,83	Qpe	
7	986097	1148368	IQA-080-P	37731-I	5004090	84,97	0,64	6,85	2,60	< 0,10	< 0,08	0,031	51	779	14	< 2	< 8	16	< 8	4,84	Qpe	
8	988463	1140539	IQA-108-P	37732-I	5004091	57,39	1,82	22,07	6,19	< 0,10	< 0,08	0,048	143	1326	39	4	10	30	< 8	12,18	Qpe	
9	996895	1139028	JRA-100-P	37733-I	5004092	57,51	1,73	21,11	6,90	< 0,10	< 0,08	0,060	154	1147	37	4	10	27	< 8	12,37	Qpe	
10	990580	1122274	IQA-068-P	37743-I	5004102	78,13	0,91	10,25	4,29	< 0,10	< 0,08	0,034	82	852	20	3	< 8	21	< 8	6,32	Qpe	
11	990580	1122274	IQA-068-P	37743-I D	5004102	78,12	0,92	10,23	4,27	< 0,10	< 0,08	0,035	82	866	21	3	< 8	20	< 8	6,35	Qpe	
12	990912	1124317	IQA-069-P	37744-I	5004103	50,37	1,86	24,98	8,07	< 0,10	< 0,08	0,060	153	1119	40	5	< 8	28	< 8	14,45	Qpe	
13	991275	1164507	IQA-073-P	37745-I	5004104	90,79	0,64	4,38	0,99	< 0,10	< 0,08	0,027	42	1053	14	< 2	< 8	25	< 8	3,05	Qpe	
14	990178	1147090	IQA-107-P	37746-I	5004105	54,71	1,73	22,86	7,14	< 0,10	< 0,08	0,060	151	1144	37	4	< 8	30	< 8	13,25	Qpe	
15	998584	1129150	CAG-036-P	37748-I	5004107	79,46	1,03	9,82	3,51	< 0,10	< 0,08	0,036	72	1347	22	3	< 8	29	< 8	5,89	Qpe	
16	986909	1136477	CAG-055-P	37749-I	5004108	52,99	1,80	23,74	7,72	< 0,10	< 0,08	0,063	145	1076	38	4	10	25	< 8	13,49	Qpe	
17	981907	1145076	MB-001-SI	36495-I	5004024	98,66	0,23	0,46	0,35	< 0,10	< 0,08	< 0,024	< 9	383	4	< 2	< 8	< 8	< 8	0,26	Qll	
18	979732	1133807	MB-010-SI	36496-I	5004025	98,91	0,18	0,41	0,30	< 0,10	< 0,08	< 0,024	< 9	163	2	< 2	< 8	< 8	< 8	0,23	Qll	
19	981427	1133632	MB-012-SI	36497-I	5004026	98,36	0,17	0,65	0,42	< 0,10	< 0,08	< 0,024	10	500	3	< 2	< 8	10	< 8	0,42	Qcf	
20	997305	1176764	OM-006	36515-I	5004044	74,75	1,05	12,56	4,16	< 0,10	< 0,08	0,039	83	1072	23	3	< 8	23	< 8	7,26	Qcf	
21	997888	1167785	OM-010-P	37734-I	5004093	92,99	0,40	2,73	2,27	< 0,10	< 0,08	0,039	27	1348	10	3	< 8	28	< 8	1,37	Qcf	
22	999982	1161093	OM-012-P	37735-I	5004094	57,50	1,82	22,06	6,01	< 0,10	< 0,08	0,049	127	1248	39	4	< 8	31	< 8	12,31	Qcf	
23	992117	1162862	VEA-004-G	36485-I	5004014	92,48	0,28	3,28	1,56	< 0,10	< 0,08	0,036	33	388	6	< 2	< 8	8	< 8	2,35	Qcf	
24	981979	1126990	VEA-007-G	36486-I	5004015	98,75	0,19	0,42	0,16	< 0,10	< 0,08	< 0,024	< 9	1447	4	< 2	< 8	30	< 8	0,37	Qpe	
25	979030	1152530	VEA-008-G	36487-I	5004016	99,28	0,08	0,37	< 0,10	< 0,10	< 0,08	< 0,024	< 9	65	< 2	< 2	< 8	< 8	< 8	0,35	Qpe	
26	974139	1149099	VEA-009-G	36488-I	5004017	99,08	0,11	0,43	0,10	< 0,10	< 0,08	< 0,024	< 9	82	2	< 2	< 8	< 8	< 8	0,39	Qpe	
27	984788	1138561	YPS-002-P1	37736-I	5004095	96,31	0,37	2,20	0,17	< 0,10	0,13	< 0,024	13	606	7	< 2	< 8	12	< 8	0,78	Qpe	
28	984788	1138561	YPS-002-P2	37737-I	5004096	97,97	0,23	1,16	0,15	< 0,10	< 0,08	< 0,024	12	373	5	< 2	< 8	8	< 8	0,45	Qpe	
29	984788	1138561	YPS-002-P3	37738-I	5004097	93,45	0,28	1,72	3,25	< 0,10	< 0,08	0,112	34	332	6	< 2	< 8	< 8	< 8	1,14	Qcf	
30	990859	1123964	YPS-067-P1	37739-I	5004098	67,24	1,45	16,57	5,39	< 0,10	< 0,08	0,039	114	1259	31	4	< 8	31	< 8	9,12	Qcf	
31	986726	1140763	YPS-072-P	37740-I	5004099	57,84	1,57	21,36	6,58	< 0,10	< 0,08	0,050	125	850	34	3	< 8	20	< 8	12,44	Qpe	
32	991324	1137588	YPS-074-P	37741-I	5004100	69,47	1,18	14,69	5,68	< 0,10	< 0,08	0,042	107	839	26	3	8	21	< 8	8,84	Qpe	
33	990502	1131589	YPS-075-P	37742-I	5004101	64,61	1,42	17,93	6,47	< 0,10	< 0,08	0,049	110	1022	31	4	< 8	22	< 8	9,36	Qpe	
34	982302	1122415	YPS-061-P2	37750-I	5004109	92,23	0,44	2,88	1,84	< 0,10	< 0,08	0,036	33	948	9	< 2	< 8	23	< 8	2,49	Qpe	
35	978894	1120224	YSP-058-G	36519-I	5004048	98,20	0,18	0,72	0,15	< 0,10	< 0,08	< 0,024	< 9	258	3	< 2	< 8	< 8	< 8	0,73	Sed-Act	
36	1120445	984617	YSP-062-G	36520-I	5004049	5,66	0,04	2,23	79,96	< 0,10	< 0,08	0,118	84	81	2	6	< 8	< 8	< 8	11,96	Qcf	
37	1120445	984617	YSP-062-G	36520-I D	5004049	5,67	0,04	2,22	79,96	< 0,10	< 0,08	0,115	84	87	< 2	6	< 8	< 8	< 8	11,96	Qcf	
38	1120445	984617	YSP-062-G	36521-I	5004050	23,46	0,26	5,05	61,12	< 0,10	0,14	1,127	309	141	5	< 2	< 8	< 8	8	8,75	Qcf	
39	1140300	989739	YSP-073-G	36522-I	5004051	96,96	0,26	1,41	0,42	< 0,10	< 0,08	< 0,024	12	731	5	< 2	< 8	15	< 8	0,98	Sed-Act	
40	1130483	996493	YSP-078-G	36523-I	5004052	92,98	0,37	2,93	1,38	< 0,10	< 0,08	0,026	28	511	8	< 2	< 8	12	< 8	2,34	Sed-Act	
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 21. Resultados de las muestras analizadas por ICP-MS. En la parte inferior se presentan los valores promedio para la corteza continental para dichos elementos (Rudnick y Gao, 2003). En rojo se encuentran los valores que estuvieron por encima del promedio de la corteza.

ID MUESTRA	NUMERO DE CAMPO	COORDENADAS		Li	Be	Sc	Cr	Mn	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Se	Rb	Sr	Y	Ag	In	Cs	Ba	
		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
36495 I	MB-001-SI	981907	1145076	2,7	0,14	0,77	7,0	29	0,84	0,40	4,8	6,9	0,23	0,91	< LC	3,2	7	136	< LC	0,04	0,006	0,14	39
36496 I	MB-010-SI	979732	1133807	2,3	0,14	0,56	6,1	19	0,75	0,40	4,1	6,0	0,05	0,94	< LC	1,9	6	141	< LC	0,05	0,005	0,11	31
36497 I	MB-012-SI	981427	1133632	2,3	0,10	0,87	8,4	12	0,22	0,20	4,5	4,9	0,56	1,2	< LC	1,9	5	173	< LC	0,04	0,007	0,13	12
36515 I	OM-006	997305	1176764	6,2	0,28	7,5	56	20	0,97	7,9	19	22	15	5,6	< LC	4,4	28	8,5	< LC	0,04	0,052	0,61	22
36520 I	YSP-062-G	984617	1120445	0,44	0,90	25	336	50	2,3	2,7	15	59	3,6	37	3,8	2,9	3	2,6	< LC	0,17	0,023	0,14	10
36520 I	YSP-062-G	984617	1120445	0,39	0,85	24	330	50	2,2	2,5	14	57	3,7	37	3,4	3,0	3	2,7	< LC	0,16	0,024	0,13	10
36521 I	YSP-062-G	984617	1120445	2,7	4,3	22	159	22	1,0	2,7	14	20	8,4	19	1,8	11	19	5,8	< LC	0,09	0,083	0,81	63
36523 I	YSP-078-G	996493	1130483	3,2	0,13	2,2	22	8,0	0,30	1,7	6,8	8,1	3,7	3,0	< LC	3,8	10	52	< LC	0,04	0,016	0,38	15
36525 I	JRA-101-G	993765	1139422	3,9	0,17	2,4	26	7,0	0,40	3,1	8,6	9,9	5,6	1,3	< LC	5,0	12	59	< LC	0,04	0,020	0,62	18
36526 I	IQA-076-G	990117	1158750	3,3	0,13	1,3	14	6,0	0,45	2,3	5,7	7,9	2,7	0,71	< LC	3,5	7	71	< LC	0,04	0,010	0,37	19
36527 I	IQA-109-G	989749	1140355	1,7	< 0,1	0,62	10	2,0	0,14	0,70	3,6	3,1	1,3	0,51	< LC	2,5	4	158	< LC	0,04	0,007	0,17	8,0
36528 I	IQA-006	987219	1154966	12	0,60	8,0	49	21	1,1	6,1	19	27	14	4,2	< LC	17	47	14	< LC	0,05	0,045	1,7	89
ABUNDANCIA DE ELEMENTOS EN LA CORTEZA				16,0	1,90	21,9	135	774,0	26,60	59,0	27,0	72,0	16,0	2,5	0,1	49,0	320	19	56,0	0,08	0,052	2,00	456
ID MUESTRA	NUMERO DE CAMPO	COORDENADAS		La	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	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
36495 I	MB-001-SI	981907	1145076	5	10	1,0	4,0	0,7	0,20	0,84	0,12	0,53	0,11	0,36	0,05	0,37	0,06	0,02	3,1	0,05	2,5	0,46	
36496 I	MB-010-SI	979732	1133807	4	9	1,0	3,8	0,7	0,17	0,78	0,10	0,42	0,08	0,30	0,04	0,24	0,04	0,02	3	0,04	2,2	0,32	
36497 I	MB-012-SI	981427	1133632	4	9	0,90	3,6	0,7	0,13	0,74	0,11	0,49	0,10	0,35	0,05	0,35	0,06	0,02	3	0,06	2,8	0,47	
36515 I	OM-006	997305	1176764	22	50	5,5	19	3,3	0,63	3,8	0,50	2,0	0,40	1,5	0,21	1,6	0,23	0,1	10	0,34	16	2,6	
36520 I	YSP-062-G	984617	1120445	2	7	0,90	4,2	1,6	0,38	1,5	0,30	1,4	0,20	0,55	0,07	0,51	0,07	0,08	14	0,06	4,0	5,9	
36520 I	YSP-062-G	984617	1120445	3	7	1,0	4,5	1,7	0,39	1,5	0,31	1,4	0,21	0,58	0,08	0,53	0,07	0,06	15	0,06	4,1	6,2	
36521 I	YSP-062-G	984617	1120445	13	30	3,4	12	2,6	0,63	3,0	0,46	2,1	0,39	1,3	0,17	1,2	0,16	0,1	36	0,18	8,0	4,2	
36523 I	YSP-078-G	996493	1130483	8	17	1,9	6,5	1,2	0,24	1,4	0,18	0,71	0,14	0,55	0,07	0,53	0,08	0,04	4,9	0,14	5,7	0,83	
36525 I	JRA-101-G	993765	1139422	10	21	2,3	8,1	1,5	0,29	1,7	0,20	0,77	0,14	0,58	0,07	0,52	0,08	0,05	7,2	0,14	7,0	1,0	
36526 I	IQA-076-G	990117	1158750	6	14	1,5	5,3	1	0,21	1,1	0,15	0,58	0,11	0,42	0,05	0,37	0,06	0,03	4,6	0,07	4,2	0,59	
36527 I	IQA-109-G	989749	1140355	4	9	0,90	3,4	0,6	0,12	0,74	0,10	0,36	0,07	0,25	0,03	0,21	0,03	0,01	3,1	0,05	2,9	0,3	
36528 I	IQA-006	987219	1154966	32	67	7,4	25	4,1	0,91	4,9	0,60	2,2	0,45	1,8	0,24	1,8	0,28	0,22	18	0,43	14	2,8	
ABUNDANCIA DE ELEMENTOS EN LA CORTEZA				20	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	

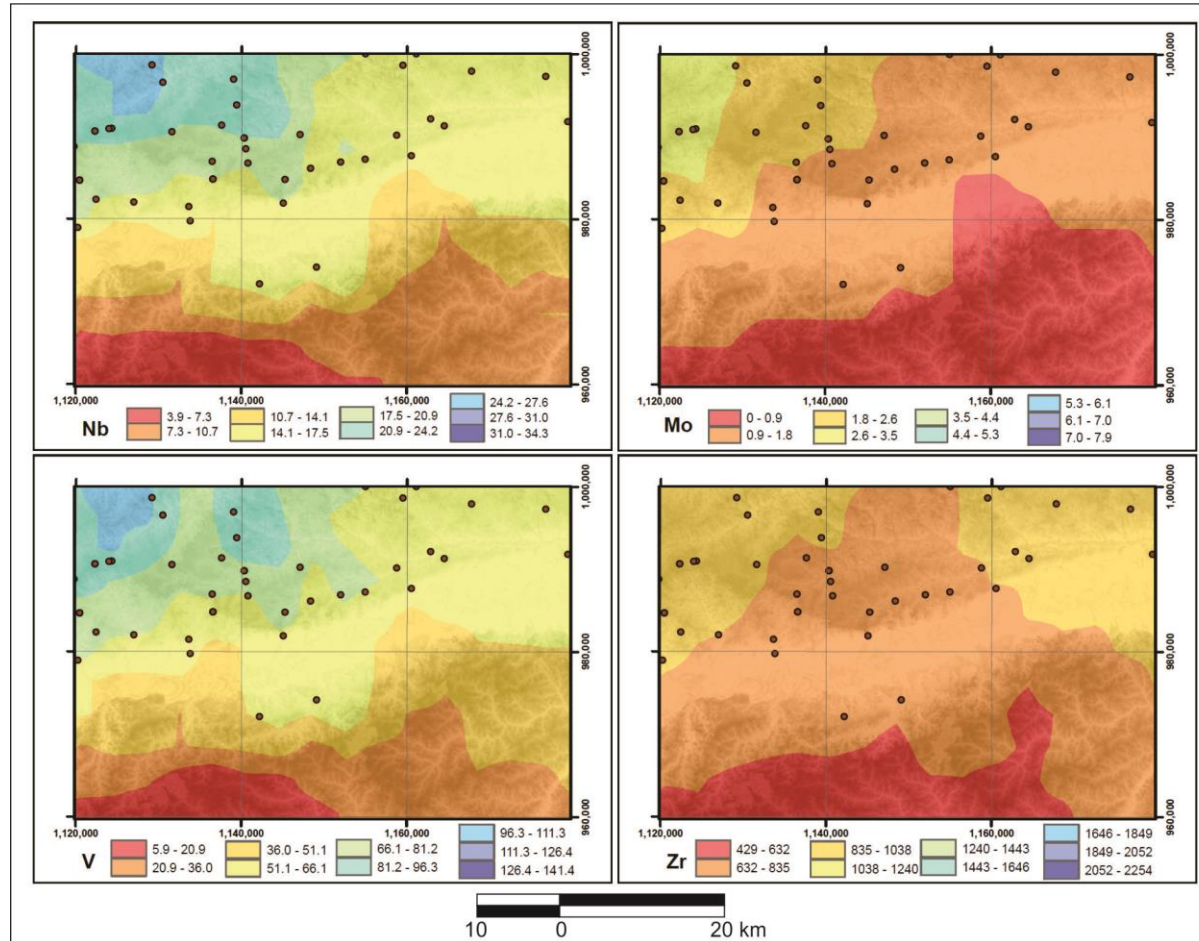


Figura 43. Mapas de abundancia de algunos elementos y óxidos que presentan las mayores concentraciones en la zona de estudio. La concentración de los elementos está dada en ppm y la de los óxidos en porcentaje. Los puntos representan la ubicación de las muestras analizadas.

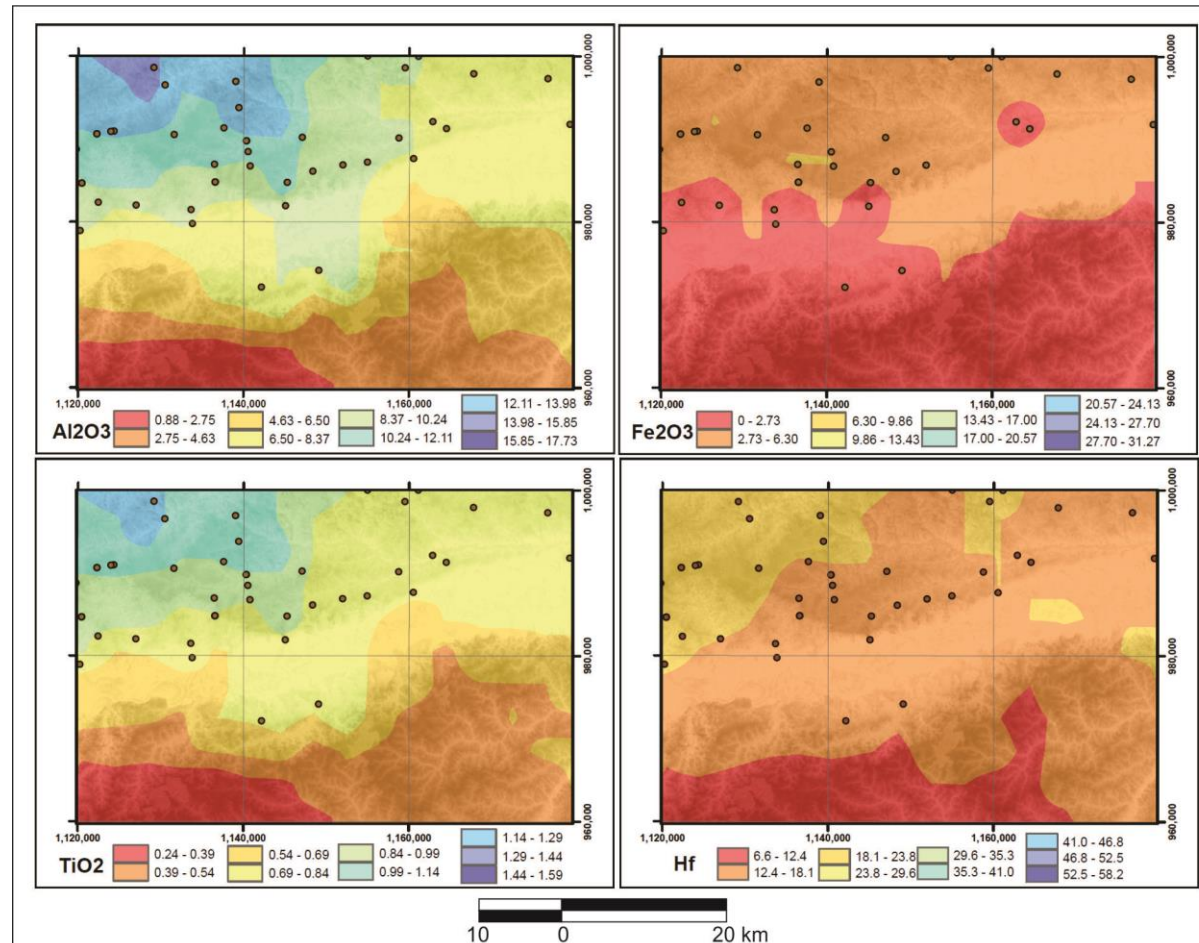


Figura 44. Mapas de abundancia de algunos elementos y óxidos que presentan las mayores concentraciones en la zona de estudio. La concentración de los elementos está dada en ppm y la de los óxidos en porcentaje. Los puntos representan la ubicación de las muestras analizadas

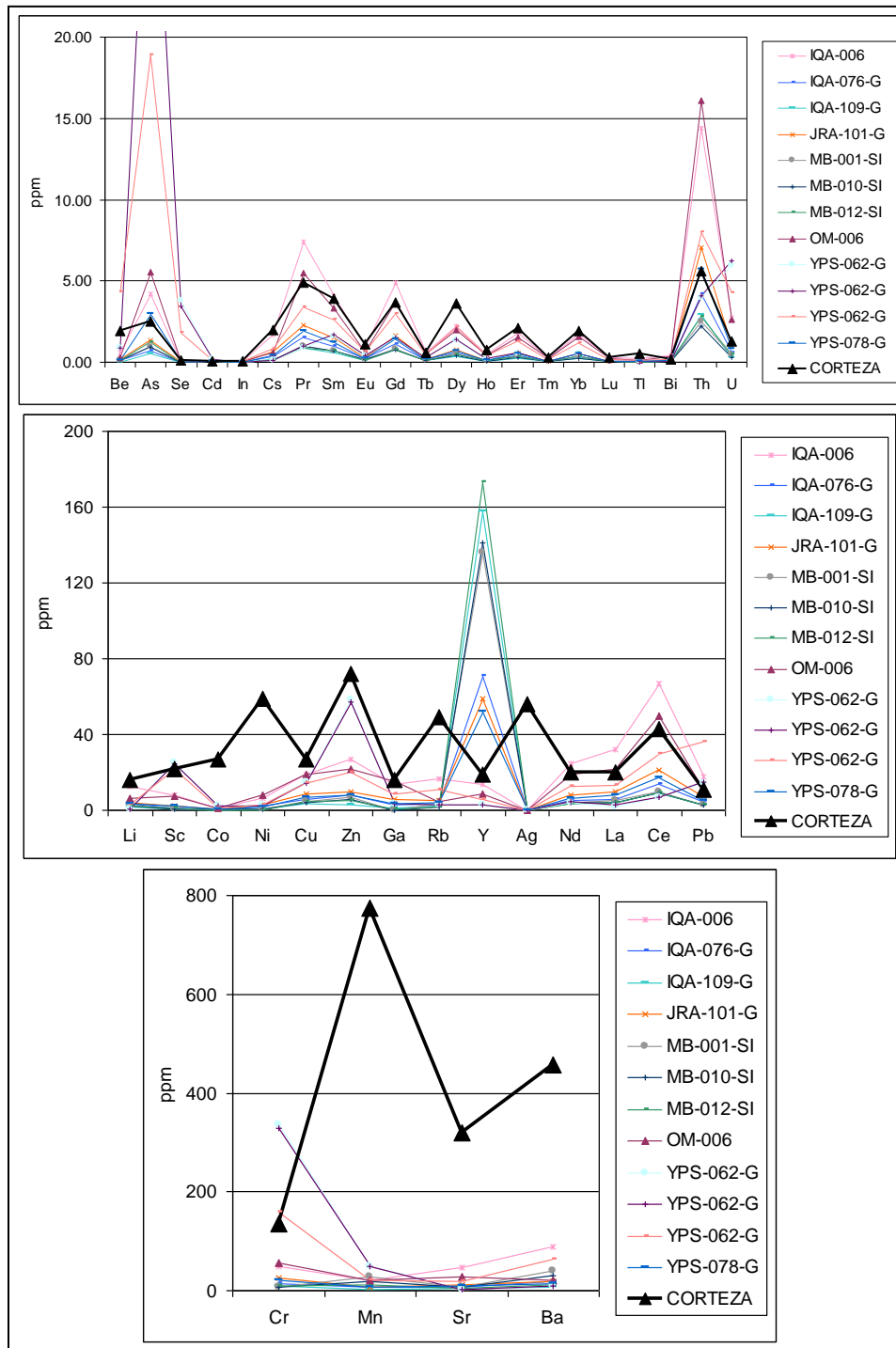


Figura 45. Curvas de distribución comparativa de los diferentes elementos analizados por ICP-MS en las muestras del área. La curva negra representa los valores promedio de la corteza según Rudnick y Gao (2003). Los datos fueron separados dependiendo de la escala de comparación entre los diferentes elementos.

8. GEOLOGÍA ECONÓMICA

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

En Anexo D4 se presentan los resultados geoquímicos de la Plancha 255 (Cumaribo), 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 32 (Rayos X – FRX) y Tabla 33 (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 son los siguientes.

8.1.1.1 Fluorescencia de rayos X – FRX elementos mayores.

Los elementos mayores, son aquellos que presentan una concentración mayor al 1% ppm (López *et al.*, 2007). A continuación se presentan los cuatro elementos metálicos más importantes analizados en las 40 muestras tomadas en la Plancha 255, que son: Óxido de Titanio (TiO_2) en la Figura 46, Óxido de Silicio (SiO_2) en la Figura 47, Bauxita (Al_2O_3) en la Figura 48 y Óxido de Hierro (Fe_2O_3) en la Figura 49.

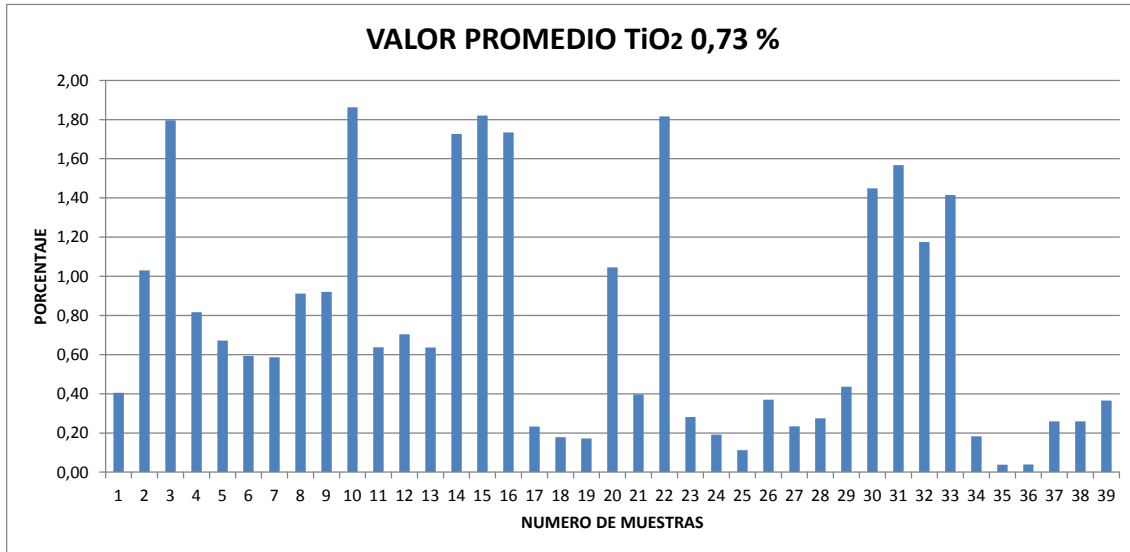


Figura 46. Gráfico estadístico (porcentaje vs. muestras) que indica la distribución del contenido de TiO₂ en las muestras analizadas mediante el método FRX, cuyo valor medio fue de 0,73%.

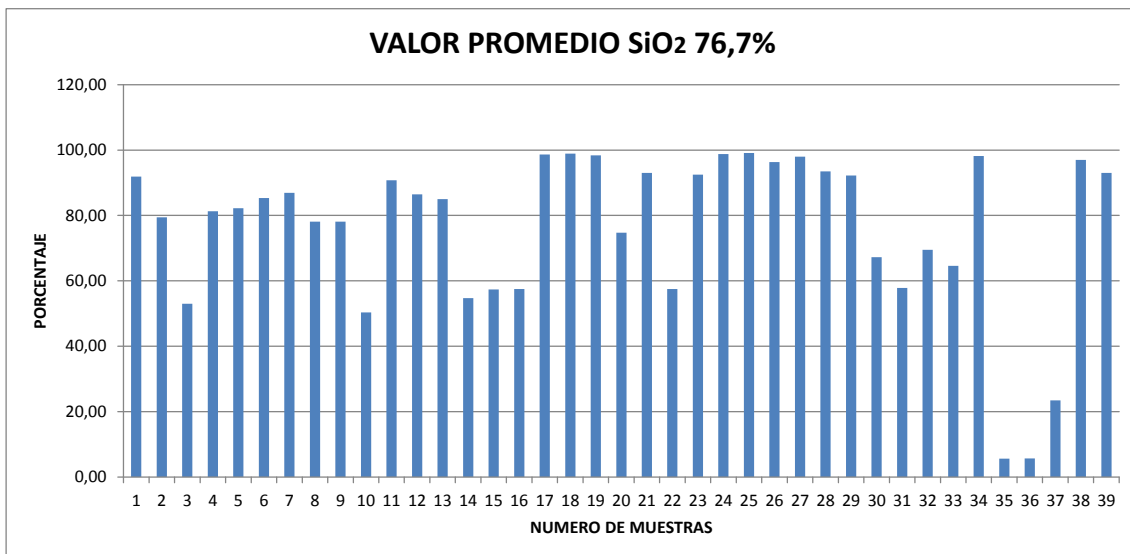


Figura 47. Gráfico estadístico (porcentaje vs. muestras) que indica que indica la distribución del contenido de SiO₂ en las muestras analizadas mediante el método FRX, cuyo valor medio fue de 76,7%.

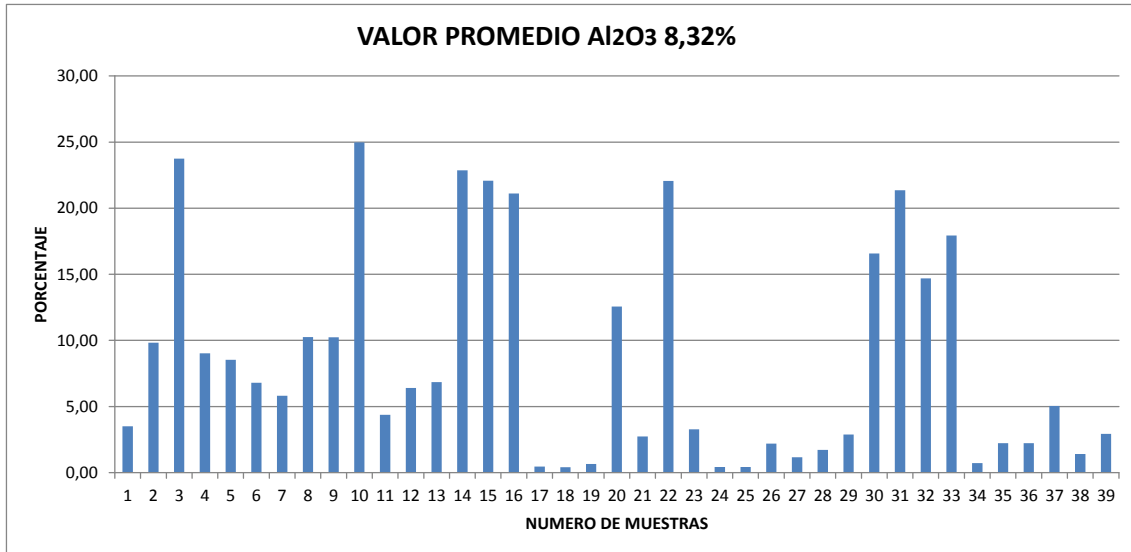


Figura 48. Gráfico estadístico (porcentaje vs. muestras) que indica que indica la distribución del contenido de Al₂O₃ en las muestras analizadas mediante el método FRX, cuyo valor medio fue de 8,32%.

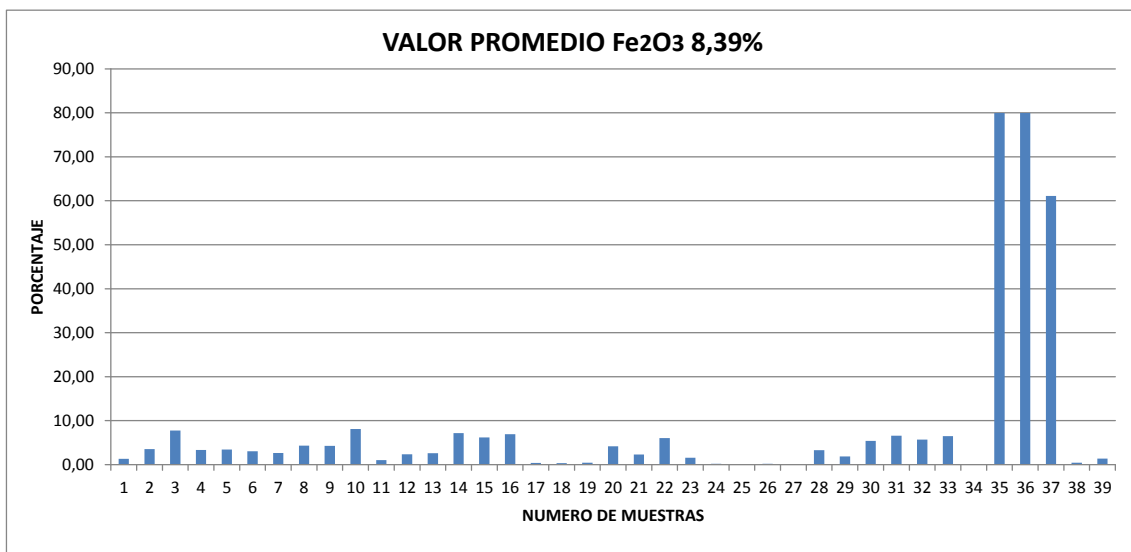


Figura 49. Gráfico estadístico, (porcentaje vs. muestras) que indica la distribución del contenido de Fe₂O₃ en las muestras analizadas mediante el método FRX, cuyo valor medio fue de 8,39%.

Los resultados de estas muestras manifiestan porcentajes muy variados, moviéndose dentro de un amplio rango composicional de valores. INGEOMINAS (2006), para los elementos Fe₂O₃, SiO₂ y Al₂O₃ reporta 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 SiO₂ presenta un valor promedio de 76,7%, es decir, que presenta

una concentración alta. El Al_2O_3 tiene valores del 8,34% el cual, aunque se encuentran ligeramente por debajo de los reportados por INGEOMINAS para el área del Vichada, entra dentro del rango de aceptables. El Fe_2O_3 arrojó un valor promedio de 8,39%, el cual se encuentra por debajo de lo reportado por INGEOMINAS. El resultado obtenido para el TiO_2 (un promedio de 0,73% de concentración del compuesto) se encuentran dentro de los valores esperados para la región, ya que los registros obtenidos en estudios anteriores –como el de Salinas *et al.* (1999)– este presenta un potencial bajo.

8.1.1.2 Fluorescencia de rayos X – FRX Elementos menores y trazas

Como elementos menores se definen aquellos que presentan un valor de concentración en roca ubicado entre el 0,1% y el 1% (es decir, 1000 ppm y 10000 ppm, respectivamente); y los elementos trazas son aquellos que presentan una concentración menor al 0,1% (es decir, menor a 1000 ppm) (López *et al.*, 2007). Entre los elementos que alcanzaron valores significativos en cuanto a su contenido, se encuentran el Circonio, Vanadio, Niobio y Hafnio, como se muestra en la Figura 50.

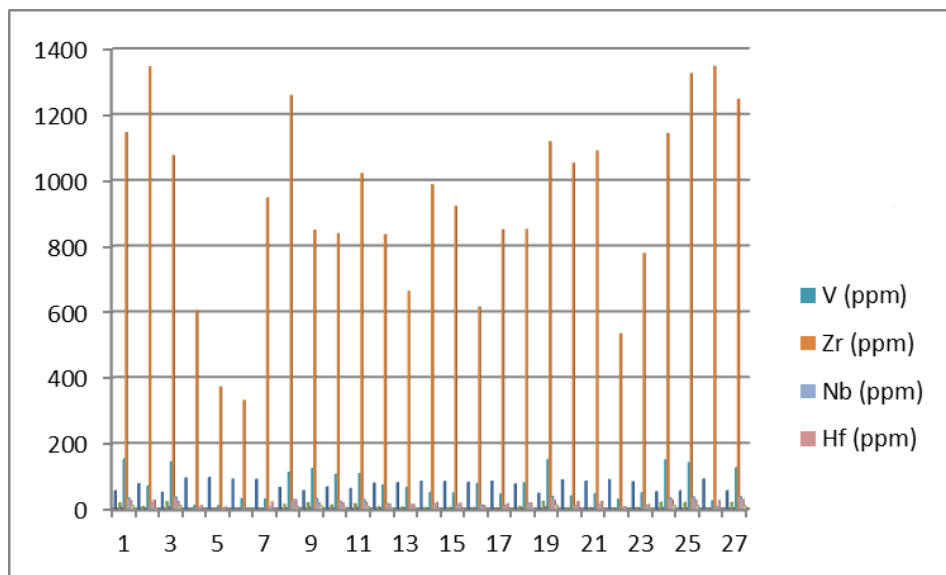


Figura 50. Gráfico estadístico. Diagrama de columnas que indica la distribución de los elementos menores y trazas, Vanadio (V), circonio (Zr), niobio (Nb), hafnio (Hf) en las muestras analizadas mediante el método FRX.

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

Circonio (Zr):

En las muestras analizadas, el Circonio presenta un contenido promedio total del orden de los 932 ppm. Existen cinco muestras anómalas (Tabla 22), cuyos valores en orden descendente son los siguientes:

Tabla 22. Resultados de Circonio (Zr)

Muestra	Resultado	Localidad	Unidad
OM-010-P; (5,004,093)	1348 ppm.	Ubicada en el extremo noreste del área de la plancha 255	Qcf
CAG-036; (5,004,107)	1347 ppm.	Ubicada en Cumaribo-La 14, sector Chiguagua	Qpe
IQA-108-P; (5,004,091)	1326 ppm.	Ubicada en la vía Colegio Cumaribo (hacia E) - caño Arreita	Qpe
YPS-067-P1; (5,004,098)	1259 ppm.	Ubicada en la vía Cumaribo - caño Guacamayas	Qpe
OM-012-P; (5,004,094)	1248 ppm.	Ubicada en el sector del caño Jojore	Qcf

Vanadio (V):

El contenido de Vanadio en el total de muestras analizadas presenta un promedio del orden de las 79 ppm. Existen cinco muestras anómalas (Tabla 23) cuyos valores en orden descendente son los siguientes:

Tabla 23. Resultados de Vanadio (V)

Muestra	Resultado	Localidad	Unidad
JRA-100-P; (5,004,092)	154 ppm	Vía de la vereda Malicia a Chihuahua	Qpe
IQA-069-P; (5,004,103)	153 ppm	Vía Cumaribo-La 24	Qpe
IQA-107-P; (5,004,105)	151 ppm	Vía Colegio Cumaribo (hacia E) Caño Arenita	Qpe
CAG-055; (5,004,108)	145 ppm	Vía Cumaribo la Guajira después del retén militar sector Patio Bonito	Qpe
IQA-108-P; (5,004,091)	143 ppm	Vía Colegio Cumaribo (hacia E) Caño Arenita	Qpe

Niobio (Nb):

El contenido de Niobio en las muestras analizadas presenta un promedio total del orden de las 2 ppm, del cual existen cinco muestras anómalas (Tabla 24), cuyos valores en orden descendente son los siguientes:

Tabla 24. Resultados de Niobio (Nb)

Muestra	Resultado	Localidad	Unidad
IQA-069-P; (5,004,103)	40 ppm	Vía Cumaribo-La 24	Qpe
IQA-108-P; (5,004,091)	39 ppm	Vía Colegio Cumaribo (hacia E) Caño Arenita	Qpe
OM-012-P; (5,004,094)	39 ppm	Ubicada en el sector del caño Jojore	Qcf
CAG-055; (5,004,160)	38 ppm	Vía Cumaribo la Guajira después del retén militar sector Patio Bonito	Qpe
JRA-100-P; (5,004,108)	37 ppm	Vía de la vereda Malicia a Chihuahua	Qpe

Háfneo (Hf):

El contenido de Háfneo en las muestras analizadas presenta un promedio total del orden de las 21 ppm, del cual existen al menos cuatro muestras anómalas (Tabla 25), cuyos valores en orden descendente son los siguientes:

Tabla 25. Resultados de Hafnio (Hf)

Muestra	Resultado	Localidad	Unidad
YPS-067-P1; (5,004,098)	31 ppm	Ubicada en la vía Cumaribo - caño Guacamayas	Qpe
OM-012-P; (5,004,094)	31 ppm	Ubicada en el sector del caño Jojore	Qcf
IQA-107-P; (5,004,105)	30 ppm	Vía Colegio Cumaribo (hacia E) Caño Arenita	Qpe
IQA-108-P; (5,004,091)	30 ppm	Vía Colegio Cumaribo (hacia E) Caño Arenita	Qpe

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

Para el análisis de estos resultados geoquímicos se tuvo en cuenta; origen, referencia y el proceso geológico para los elementos metálicos de interés; encontrando que los ambientes geoquímicos guardan relación con los depósitos sedimentarios, en los cuales han sucedido diferentes procesos geológicos como erosión, lateralización 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 han sido definido por (INGEOMINAS, 2006), y como sucede con los elementos de Circonio, Vanadio, y Niobio referenciados para el área de estudio.

Entre los elementos analizados se encontraron valores de concentración de; Vanadio (79 ppm), Circonio (932 ppm), Niobio (2 ppm) y Háfneo (21ppm), los cuales fueron tomados de los sedimentos activos, pertenecientes a las planicies aluviales que, asimismo, corresponden a depósitos de tipo residuales y eluviales.

Teniendo en cuenta el estudio realizado por Buenaventura & Rosas (1989) al oriente de la Plancha 255, donde se ubica el Batolito de Parguaza, cuyo origen pegmatítico (fuente primaria) da un marco geológico ideal para generar

elementos metálicos como: el Niobio, que presenta un promedio de 70 ppm, el Estaño, que presenta un valor de 5,6 ppm, y el Tantalio, que tiene un valor promedio de 4 ppm, valores que son considerados de interés económico.

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

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

La distribución geográfica de las muestras con contenidos anómalos de elementos menores y trazas de tierras raras, analizadas con el método de Fluorescencia de Rayos X – FRX elementos, se presentan en la Figura 51.

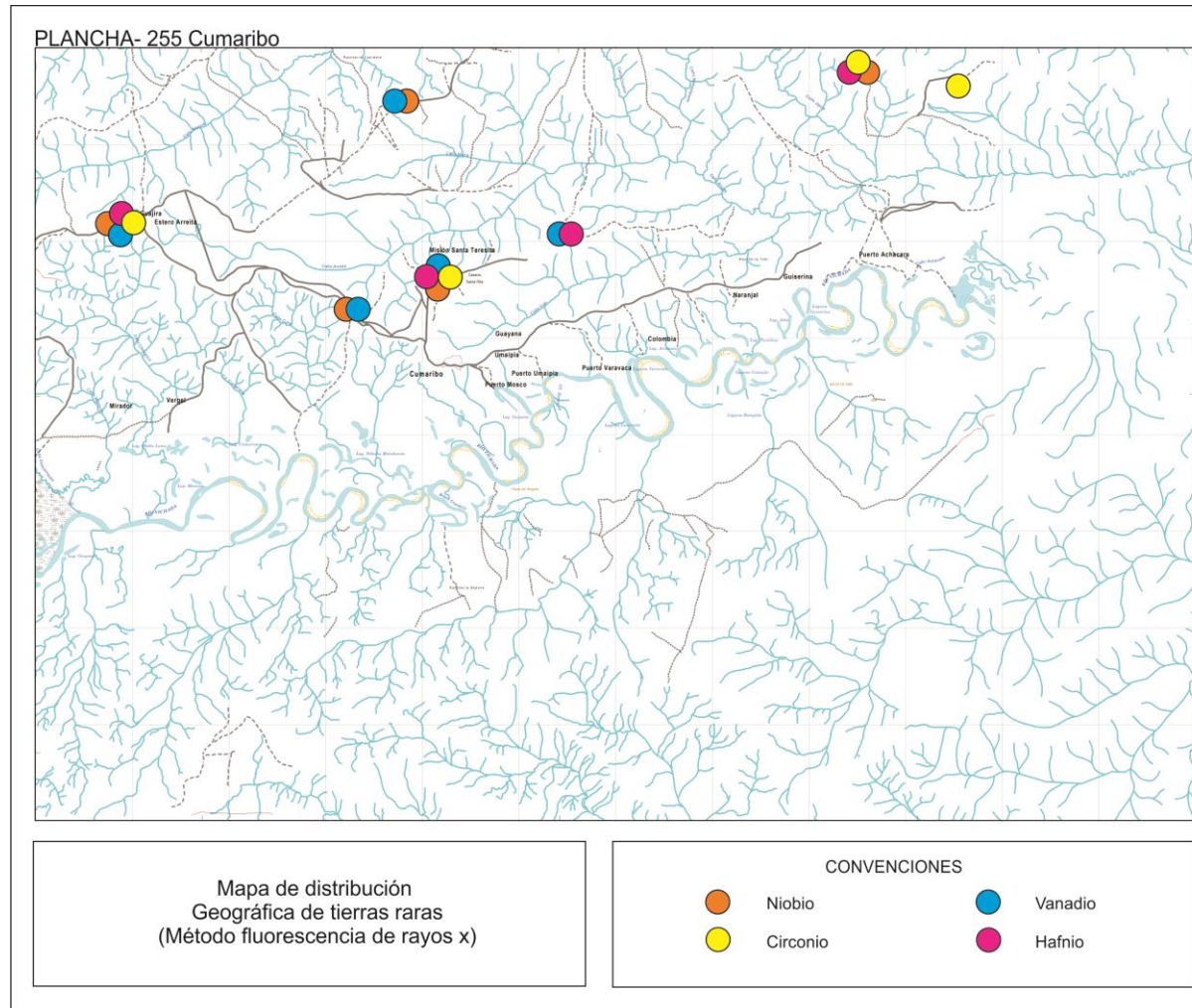


Figura 51. Distribución geográfica de elementos de tierras raras mediante el método de Fluorescencia de Rayos X – FRX elementos menores y trazas.

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 33. Los metales de interés son graficados en la Figura 52, donde se observa que estos elementos metálicos alcanzaron valores significativos en su contenido y entre ellos están: Cromo, Ítrio, Bario, Cesio, Manganeso y Zinc.

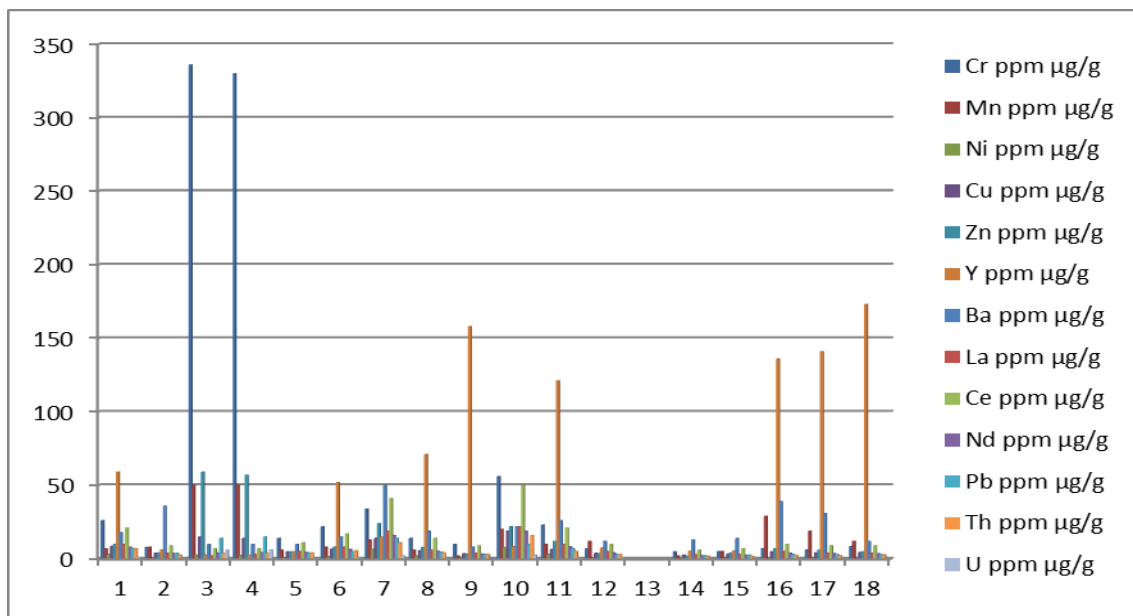


Figura 52. Gráfico estadístico. Diagrama de columnas que indica la distribución de los elementos de tierras raras mediante el método ICP - MS.

A continuación se hace una descripción de los elementos más abundantes en el área de la Plancha 255.

Cromo (Cr):

El contenido de Cromo en las muestras analizadas presenta un promedio total del orden de las 85,2 ppm. Existen dos muestras con resultados contrastantes (YPS-062-G1 y YPS-062-G2), las cuales presentan un contenido total de 336 ppm (Tabla 26).

Tabla 26. Resultados de Cromo (Cr)

Muestra	Resultado	Localidad	Unidad
YPS-062-G1; 5,004,049	336 ppm	Localizada en la vía Cumaribo - caño Guacamayas	Qcf
YPS-062-G2; 5,004,050	336 ppm	Localizada en la vía Cumaribo - caño Guacamayas	Qcf

Ítrio (Y):

El contenido de Ítrio en las muestras analizadas presenta un promedio total del orden de las 68,5 ppm. Existen cuatro muestras anómalas (Tabla 27) cuyos valores en orden descendente son los siguientes, a saber:

Tabla 27. Resultados de Ítrio (Y)

Muestra	Resultado	Localidad	Unidad
MB-012-SI; 5,004,026	173 ppm	Ubicada en el caño Cuna. Contenido.	Qcf
IQA-109-G; 5,004,056	158 ppm	Ubicada sobre la vía Colegio Cumaribo (hacia N)-caño Arreita.	Qac
MB-010-SI; 5,004,025	141 ppm	Ubicada en Cumariana. Contenido.	Qac
MB-001-SI; 5,004,024	136 ppm	Ubicada en Puerto Mosco.	Qac

Bario (Ba):

El contenido del Bario en las muestras analizadas presenta un promedio total del orden de las 28 ppm. Existen 3 muestras con resultados significativos en Ba (Tabla 28), de las cuales las muestras que presentan los mejores resultados, son las siguientes:

Tabla 28. Resultados de Bario (Ba)

Muestra	Resultado	Localidad	Unidad
YSP-080-G; 5,004,053	50 ppm	Localizada en el caño Tuparro.	Qac
MB-001-SI; 5,004,024	39 ppm	Ubicada en Puerto Mosco.	Qac
YSP-058-G; 5,004,048	36 ppm	Localizada en el caño Guacamayas	Qac

Cesio (Ce):

El contenido del Cesio en las muestras analizadas presenta un promedio total del orden de las 20.8 ppm. Existen 2 muestras con resultados significativos en Ce (Tabla 29), así:

Tabla 29. Resultados de Cesio (Ce)

Muestras	Resultado	Localidad	Unidad
OM-006; 5,004,044	50 ppm		
YSP-080-G; 5,004,053	41 ppm	Localizada en el caño Tuparro.	Qac

Manganeso (Mn):

El contenido de Manganeso en las muestras analizadas presenta un promedio total del orden de las 20,5 ppm Al igual que para el cromo, el manganeso presenta su mayor contenido en las muestras: YPS-062-G1 y YPS-062-G2, que presentan un contenido total de 50 ppm (Tabla 30)

Tabla 30. Resultados de manganeso (Mn)

Muestra	Resultado	Localidad	Unidad
YPS-062-G1; 5,004,049	50 ppm	Localizada en la vía Cumaribo - caño Guacamayas	Qcf
YPS-062-G2; 5,004,050	50 ppm	Localizada en la vía Cumaribo - caño Guacamayas	Qcf

Zinc (Zn):

El contenido del Zinc en las muestras analizadas presenta un promedio total del orden de las 19,21 ppm Al igual que para el cromo y el manganeso; el zinc presenta su mayor contenido en las muestras: YPS-062-G1 y YPS-062-G2 (Tabla 31)

Tabla 31. Resultados de Zinc (Zn)

Muestra	Resultado	Localidad	Unidad
YPS-062-G1; 5,004,049	59 ppm	Localizada en la vía Cumaribo - caño Guacamayas	Qcf
YPS-062-G2; 5,004,050	57 ppm	Localizada en la vía Cumaribo - caño Guacamayas	Qcf

Al analizar los resultados de las anteriores muestras de sedimentos activos, se encuentra que los valores promedios de los elementos, son: Cromo (85,2 ppm), Itrio (68,5 ppm), Bario (28 ppm), Manganeso (20,5 ppm), Cesio (28,8 ppm) y Zinc (19,21 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 Cromo, el cual presenta un valor promedio superior al normal con 85,6 ppm promedio sobre el total de muestras.

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 53.

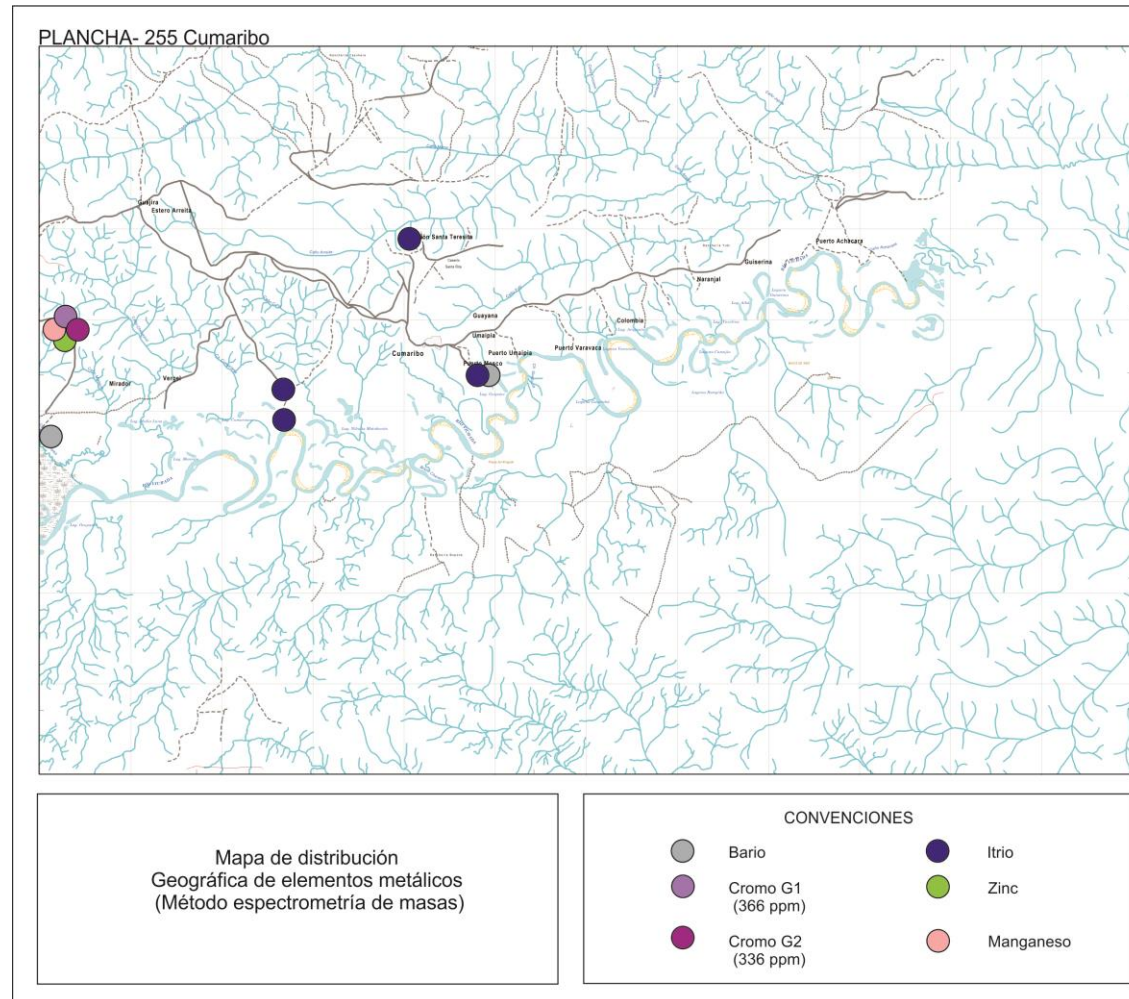


Figura 53. Distribución geográfica de elementos metálicos mediante el método de Espectrometría de Masas con Plasma Acoplado Inductivamente ICP – MS.

Tabla 32. Análisis de muestras con manifestaciones de elementos de Tierras Raras.

Levantamiento de la Cartografía Geológica y Exploración Geoquímica de la Plancha 255 (Cumaribo). 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	V	Zr	Nb	Hf	LOI
ID	REFERENCIA		Norte	Este	(%)	(%)	(%)	(%)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(%)
37733-I	5004092	JRA-100-P	996,895	1,139,028	57.51	1.73	21.11	6.90	154	1147	37	27	12.37
37748-I	5004107	CAG-036	998,584	1,129,150	79.46	1.03	9.82	3.51	72	1347	22	29	5.89
37749-I	5004108	CAG-055	986,909	1,136,477	52.99	1.80	23.74	7.72	145	1076	38	25	13.49
37736-I	5004095	YPS-002-P1	984,788	1,136,561	96.31	0.37	2.20	0.17	13	606	7	12	0.78
37737-I	5004096	YPS-002-P2	984,788	1,136,561	97.97	0.23	1.16	0.15	12	373	5	8	0.45
37738-I	5004097	YPS-002-P3	984,788	1,136,561	93.45	0.28	1.72	3.25	34	332	6	< 8	1.14
37750-I	5004109	YPS-061-P1	982,302	1,122,415	92.23	0.44	2.88	1.84	33	948	9	23	2.49
37739-I	5004098	YPS-067-P1	990,859	1,123,964	67.24	1.45	16.57	5.39	114	1259	31	31	9.12
37740-I	5004099	YPS-072-P	986,726	1,140,763	57.84	1.57	21.36	6.58	125	850	34	20	12.44
37741-I	5004100	YPS-074-P	991,324	1,137,588	69.47	1.18	14.69	5.68	107	839	26	21	8.84
37742-I	5004101	YPS-075-P	990,502	1,131,589	64.61	1.42	17.93	6.47	110	1022	31	22	9.36
37724-I	5004083	IQA-001-P	984,764	1,145,252	81.30	0.82	9.03	3.31	75	836	18	17	5.34
37725-I	5004084	IQA-002-P	986,859	1,151,973	82.23	0.67	8.54	3.44	67	664	15	16	4.95
37747-I	5004106	IQA-008-P	992,110	1,170,429	86.57	0.83	7.05	1.61	53	988	16	22	3.81
37726-I	5004085	IQA-010-P	991,805	1,179,423	85.31	0.59	6.79	3.02	51	922	15	20	4.11
37727-I	5004086	IQA-012-P	1,000,000	1,154,983	83.67	0.65	6.78	4.70	80	616	14	12	4.11
37728-I	5004087	IQA-028-P	972,109	1,142,180	86.90	0.59	5.81	2.65	48	851	13	18	3.91
37743-I	5004102	IQA-068-P	990,580	1,122,274	78.13	0.91	10.25	4.29	82	852	20	21	6.32

Levantamiento de la Cartografía Geológica y Exploración Geoquímica de la Plancha 255 (Cumaribo). 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	V	Zr	Nb	Hf	LOI
			Norte	Este	(%)	(%)	(%)	(%)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(%)
37744-I	5004103	IQA-069-P	990,912	1,124,317	50.37	1.86	24.98	8.07	153	1119	40	28	14.45
37745-I	5004104	IQA-073-P	991,275	1,164,507	90.79	0.64	4.38	0.99	42	1053	14	25	3.05
37729-I	5004088	IQA-075-P	988,598	1,159,500	86.45	0.70	6.41	2.35	49	1091	15	25	3.93
37730-I	5004089	IQA-078-P	987,636	1,160,520	91.90	0.41	3.50	1.33	32	535	8	9	2.83
37731-I	5004090	IQA-080-P	986,097	1,148,368	84.97	0.64	6.85	2.60	51	779	14	16	4.84
37746-I	5004105	IQA-107-P	990,178	1,147,090	54.71	1.73	22.86	7.14	151	1144	37	30	13.25
37732-I	5004091	IQA-108-P	988,463	1,140,539	57.39	1.82	22.07	6.19	143	1326	39	30	12.18
37734-I	5004093	OM-010-P	997,888	1,167,785	92.99	0.40	2.73	2.27	27	1348	10	28	1.37
37735-I	5004094	OM-012-P	999,982	1,161,093	57.50	1.82	22.06	6.01	127	1248	39	31	12.31

Tabla 33. Análisis de muestras con manifestaciones de elementos de Tierras Raras.

Levantamiento de la Cartografía Geológica y Exploración Geoquímica de la Plancha 255 (Cumaribo). 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			Cr	Mn	Ni	Cu	Zn	Y	Ba	La	Ce	Nd	Pb	Th	U
		Norte	Este	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
36525-I	JRA-101-G	993,765	1,139,422	26	7.0	3.1	8.6	9.9	59	18	10	21	8.1	7.2	7.0	1.0
36519-I	YSP-058-G	978,904	1,120,216	7.9	8.0	0.30	4.0	4.2	6.2	36	4	9	3.7	4	2.6	0.46
36520-I	YPS-062-G1	984,617	1,120,445	336	50	2.7	15	59	2.6	10	2	7	4.2	14	4.0	5.9
36520-I	YPS-062-G2	984,617	1,120,445	330	50	2.5	14	57	2.7	10	3	7	4.5	15	4.1	6.2
36522-I	YPS-073-G	989,739	1,140,300	14	6.0	0.90	4.8	4.9	4.8	10	5	11	4.5	4.2	4.1	0.72
36523-I	YSP-078-G	987,636	1,160,520	22	8.0	1.7	6.8	8.1	52	15	8	17	6.5	4.9	5.7	0.83
36524-I	YSP-080-G	986,097	1,148,368	34	13	6.5	14	24	15	50	19	41	16	14	11	2.0
36526 I	IQA-076-G	990,117	1,158,750	14	6.0	2.3	5.7	7.9	71	19	6	14	5.3	4.6	4.2	0.59
36527-I	IQA-109-G	989,749	1,140,355	10	2.0	0.70	3.6	3.1	158	8.0	4	9	3.4	3.1	2.9	0.3
36515 I	OM-006	997,305	1,176,764	56	20	7.9	19	22	8.5	22	22	50	19	10	16	2.6
36485 I	VEA-004-G	992,117	1,162,862	23	10	3.1	6.5	12	121	26	10	21	8.3	7.2	5.0	0.77
36486 I	VEA-007-G	981,979	1,126,990	7.0	12	0.20	3.9	3.6	7.5	12	5	10	4.1	3	2.9	0.75
36487 I	VEA-008-G	979,030	1,152,530	4.8	2.0	0.20	2.7	1.8	5.3	13	3	6	2.3	2.2	1.8	0.21
36488 I	VEA-009-G	974,139	1,149,099	5.1	5.0	0.70	3.3	4.1	5.4	14	3	7	2.7	2.7	1.9	0.25
36495 I	MB-001-SI	981,907	1,145,076	7.0	29	0.40	4.8	6.9	136	39	5	10	4.0	3.1	2.5	0.46

36496 I	MB-010-SI	979,732	1,133,807	6.1	19	0.40	4.1	6.0	141	31	4	9	3.8	3	2.2	0.32
36497 I	MB-012-SI	981,427	1,133,632	8.4	12	0.20	4.5	4.9	173	12	4	9	3.6	3	2.8	0.47

8.2 MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Los materiales de construcción son extraídos de diversos sectores de la Plancha 255, especialmente en los depósitos aluviales y terrazas bajas del río Vichada, así como de las zonas de arrastre de algunos de sus tributarios principales de donde se extraen gravas, arenas y arcillas, que son utilizados para el afirmado de vías, y como materiales de construcción.

En este proyecto se efectuó este análisis de granulometría a cuatro (4) muestras; IQA-080-P, OM-012-P, JRA-100-P, YPS-074-P, las cuales presentaron tendencias mayores al 90% en arena de tamaño, medio a grueso. las muestras anteriormente mencionadas corresponden a los Depósitos Qpe y Qcf (Anexo D5 y Tabla 34)

Tabla 34. Ensayo granulométrico para fuentes agregados.

ENSAYO DE GRANULOMETRÍA DE AGREGADOS Plancha 255 (Cumaribo)						
CONSECUTIVO SGC	No. CAMPO	PLANCHA	COORDENADAS		LOCALIZACIÓN	ANÁLISIS
			NORTE	ESTE		
5,004,090	IQA-080	255-I	986,097	1,148,368	Vía Cumaribo- Puerto Achacara	93,8% Arena
5,004,094	OM-012	255-II	999,982	1,161,093	Vía Cumaribo- Puerto Achacara	92,1% Arena
5,004,092	JRA-100	255-I	996,895	1,139,028	Vía de la vereda Malicia a Chihuahua	96,4% Arena
5,004,100	YPS-074	255-I	991,324	1,137,588	Vía Cumaribo resguardo Santa Teresita	96,1% 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 en las 40 muestras para Hierro y Aluminio, se encontraron los siguientes valores: en Fe_2O_3 se obtuvo un promedio de 8,39%, y en Al_2O_3 un valor de 8,32% (Figura 48 y Figura 49). Al comparar estos valores, con los de INGEOMINAS (2006), se encuentra que el Fe_2O_3 , tiene valores entre 16 al 48% y el Al_2O_3 , presenta valores entre 5.5 a 17%. Esto

indica que la bauxita entra dentro del rango de aceptables. En tanto que el Fe_2O_3 arrojó un valor que se encuentra por debajo de lo reportado por INGEOMINAS.

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

9. AMENAZAS NATURALES

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

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

En el área de la Plancha 255, las amenazas naturales que se presentan son dadas por procesos de escorrentía (inundaciones y desbordamiento), procesos erosivos (carcavamiento y erosión lateral fluvial) y fenómenos de desertificación, que producen esterilización y pérdida de los suelos.

9.1 PROCESOS DE ESCORRENTÍA – INUNDACIONES

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

En estos fenómenos se da el desbordamiento de los ríos, cuando se excede la capacidad de los canales para conducir el agua; desbordando las márgenes del río, producto de la excesiva escorrentía como consecuencia de fuertes precipitaciones, lo que conlleva a que grandes extensiones de terrenos bajos y altos se vea inundados durante los periodos invernales a causa de que los

drenajes de las diferentes corrientes se desbordan alcanzando áreas pobladas, de cultivos así como de vías. Cuando ocurre este fenómeno de inundación en la región del Vichada, ésta se paralizada completamente.

Estos procesos son comunes en los sectores del Vichada, donde los suelos se saturan al igual que las carreteras, terrenos bajos, zonas de cultivos y en sitios poblados, En la Figura 54, se muestran sabanas de inundación.



Figura 54. Zona de inundación, donde las aguas del caño Guacamayas corren sobre la superficie impermeable de la Unidad QII Vía Cumaribo - Caño Guacamayas. Estación YPS-068. Coordenadas N: 990600,E: 1126398, Cota: 326 m.s.n.m. Orientación de la foto 150°.

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

La amenaza alta por licuación puede determinarse en aquellos sitios con mayor inundabilidad y posibilidad de formación de depósitos aluviales espesos inconsolidados. En general el riesgo disminuye debido a la poca infraestructura instalada en estas áreas. Por tal razón, en el área de la Plancha 255 del Bloque 9 puede catalogarse como una zona 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 255, se presentan diversos tipos de erosión, entre los que sobresalen: la erosión fluvial lateral y el carcavamiento.

9.2.1 Erosión fluvial lateral

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 de lluvia. En el extremo noreste de la Plancha 255, en el sector de Puerto Achacara, se presentan problemas de carcavamiento (Figura 55 y Figura 56), así como en los sectores de los caños Yubí y Arreita.



Figura 55. Procesos erosivos y formación de flujos de detritos en cárcava por erosión. se observa arenas friables de cuarzo, no consolidadas. Estación OM-010. Coordenadas N: 997,888; E: 1,167,785; Cota 143 m.s.n.m. Azimut 170°.



Figura 56. La flecha en color negro indica grietas de tensión formadas por cárcavas producto del lavado de las laderas. Estación OM-010. Coordenadas N: 997,888; E: 1'167,785; Cota 143 m.s.n.m. Azimut 120°.

9.3 AMENAZA SÍSMICA

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

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

Por otra parte, se puede observar en la Figura 57 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 amenazas sísmica es bajo, debido a que la zona tectónicamente es muy estable.

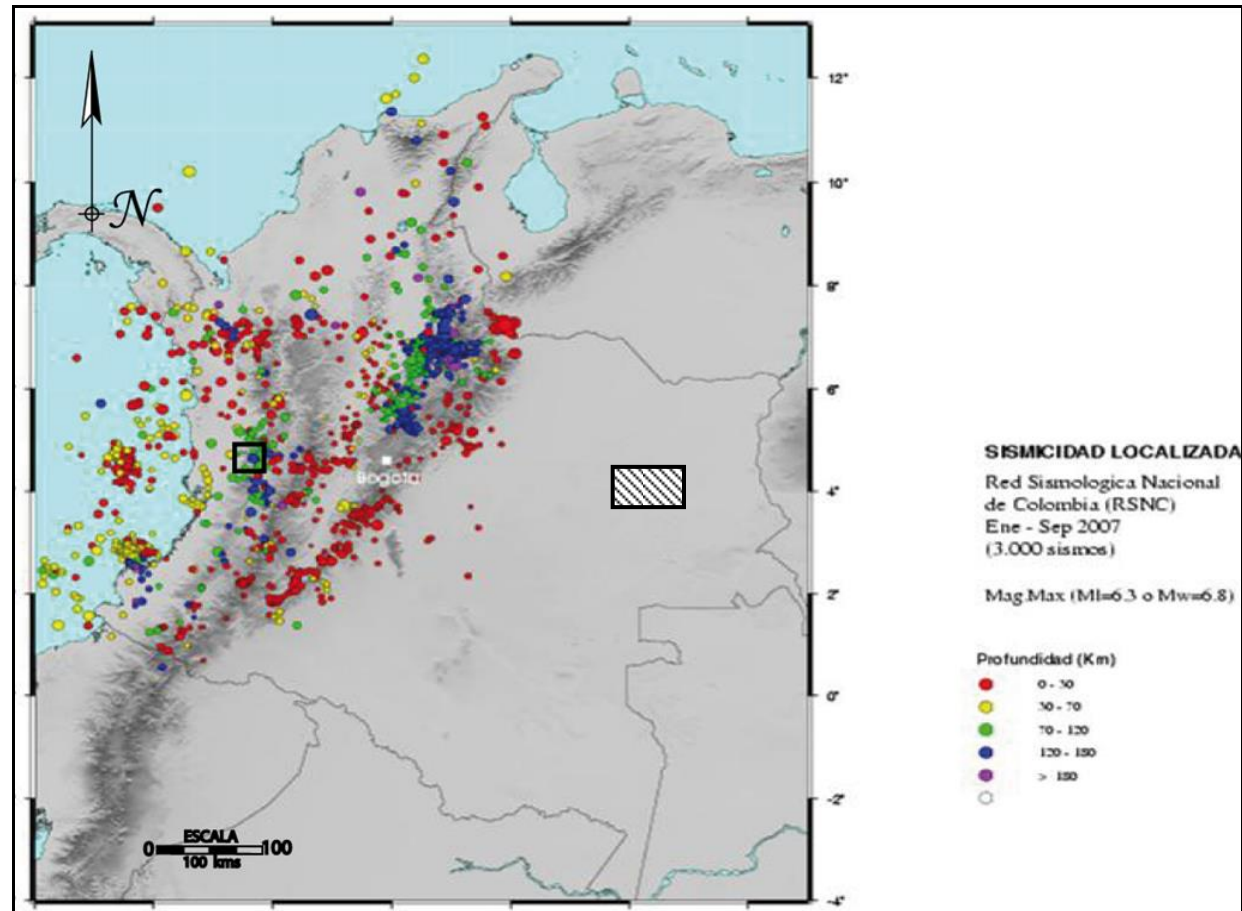


Figura 57. Mapa de Focos Sísmicos de Colombia. El área de estudio (Departamento del Vichada), se encuentra en el rectángulo negro.



10. PATRIMONIO GEOLÓGICO

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

Para lo cual en este informe reporta aquellos sitios que por sus características merecen ser catalogados dentro del Patrimonio Geológico del departamento, y que abarcan diferentes aspectos de la geología como la mineralogía, petrografía, estratigrafía, hidrogeología y geomorfología, los cuales resaltan a lo largo y ancho de toda la geografía de la Plancha 255 del departamento del Vichada.

10.1 FUNDAMENTO TEÓRICO

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

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

En este trabajo los puntos o lugares de interés geológico son aquellos que poseen componentes fundamentales de Patrimonio Geológico y corresponden a aquellos sitios en que afloran, o son visibles, los rasgos geológicos más característicos y mejor representativos de la Plancha 255 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 35, se presenta la clasificación de geotopos debidamente adaptada al área de estudio

Tabla 35. Categorías de clasificación para Geotopos
(Tomado de Winbledon, 1996; en Colegial *et al.*,; 2002).

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

Dadas las características de la Plancha 255 pertenecientes a este estudio, el geotopo Estructural – Tectónico, Paleontológico, así como el geotopo de Museos y colecciones, no serán tratados en este Informe. Los geotopos de interés para este estudio se presentan a continuación:

10.2.1 Categoría estratigráfica

Dentro de esta categoría se incluyen los geotopos que por su información geológica e importancia, ilustran tipos de contactos que puedan indicar variaciones fundamentales en las condiciones genéticas de las formaciones geológicas, secciones tipo, características faciales muy singulares y particulares; en la cual se 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. Se encontró que muchos de estos niveles son continuos y su presencia se observa principalmente sobre la superficie de colinas o embebidos en una matriz areno-arcillosa, así como en bloques de hasta 60 cm, donde se aprecia una estratificación cruzada en su interior (Figura 58 y Figura 59).

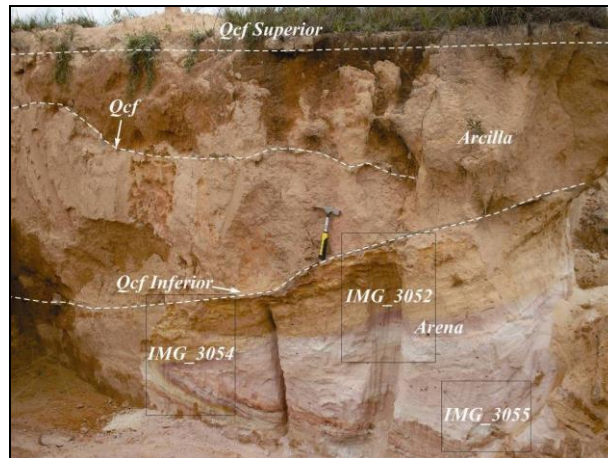


Figura 58. Apique donde se observa dos niveles de costras ferruginosas (Qcf). En el segmento inferior se observa arenas no consolidadas con laminación cruzada de tonos rosas y blancos, seguido de una primera costra de forma y espesor aproximado de 2 cm, seguido de sedimento limo arcilloso de tonos ocre y rosas cubierto por una segunda costra ferruginosa; finalmente se encuentra vegetación. Vía Cumaribo - Caño Cumariana. Estación YPS-002. Coordenadas N= 984788, E= 1136561, Cota= 169 m.s.n.m.



Figura 59. Costras ferruginosas fragmentadas en bloques de 60 cm (Qcf), los cuales muestran laminación cruzada. Vía Cumaribo - Caño Guacamayas. Estación YPS-061. Coordenadas N= 982302, E= 1122415, Cota= 285 m.s.n.m.

Adicionalmente, en la zona se observan depósitos asociados a la actividad fluvial, principalmente con relación a su mayor afluente, el cual corresponde al

río Vichada. La importancia de este último radica en ser ejemplo de los procesos de depositación en ambientes fluviales meandriformes modernos.

10.2.2 Categoría petrográfica y mineralógica

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

El departamento del Vichada en su Plancha 255, presenta características petrográficas y mineralógicas de importancia, que se destacan tanto para el interés científico como para la exploración mineral, los cuales hacen parte de los resultados presentados dentro del presente proyecto. Las láminas analizadas para esta plancha son clasificadas principalmente como sublitoarenitas ferruginosas de grano medio y grano fino, así como litoarenitas ferruginosas gradadas.

Se destaca que en algunas muestras la presencia de fracturamiento de tipo lineal, en aproximadamente un 50% de los granos de cuarzo, es posiblemente resultado de un evento de impacto, ya que dichas fracturas no presentan brechamiento o milonitización, frecuentemente asociado a tectonismo.

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 dejando una pátina alrededor de los granos y generando alta porosidad secundaria. En la muestra YPS-079, parte del espacio poroso, a diferencia de otras muestras, parece haber sido rellenado por un material no identificado, que posiblemente corresponda a algún tipo de sal, la cual también fue parcialmente lavada, dejando solo parte del material (Figura 60).

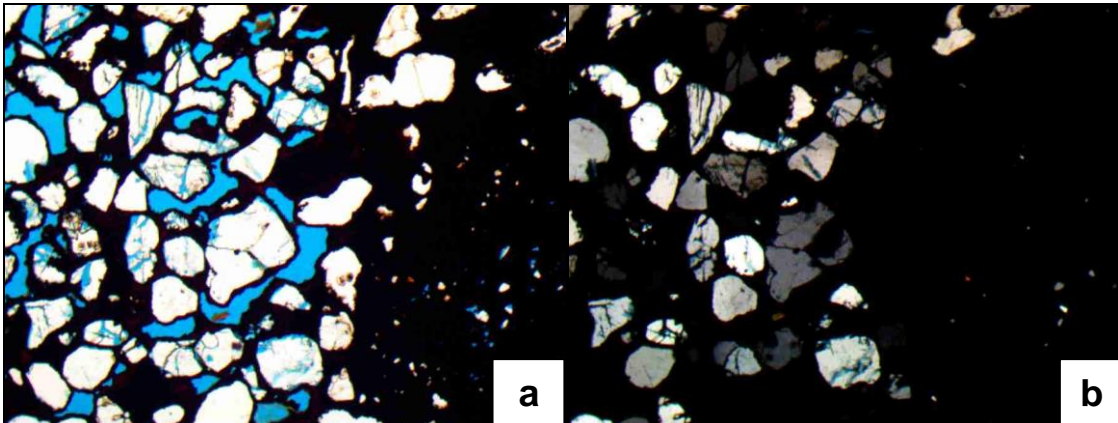


Figura 60. Muestra YPS-079. Se observa alto porcentaje de porosidad, con clastos de cuarzo monocristalino y policristalino, altamente fracturados, también se observan fragmentos tamaño arena muy fina.

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 255, se presentan fuertes evidencias de procesos aluviales relacionados con el drenaje principal del departamento -como es el río Vichada-, así como de sus afluentes, el río Muco y el caño Guacamayas, y su influencia en la depositación de sedimentos durante la migración del mismo. Los geotopos de las geoformas descritas, permiten observar principalmente variaciones en el paisaje relacionado a la dinámica fluvial 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 61).

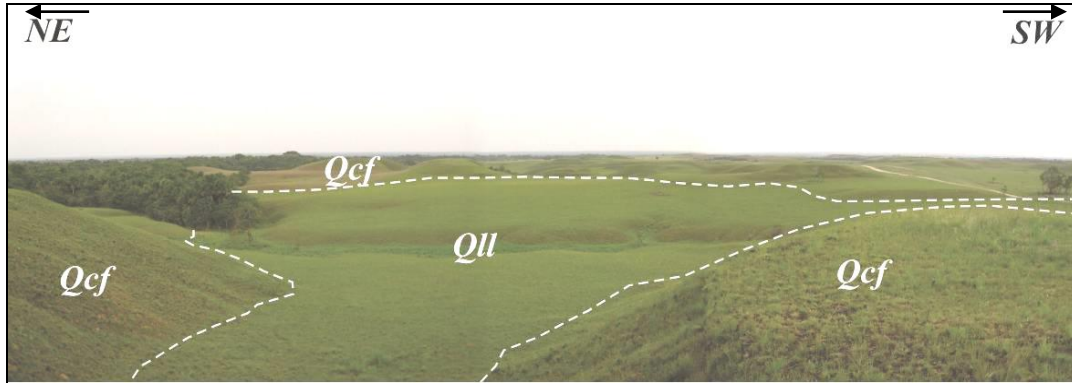


Figura 61. Colinas en dos niveles de costras ferruginosas (Qcf), y el valle entre colinas conformado por arenas no consolidadas de tamaño de grano medio a grueso, se observa el drenaje junto a la vegetación de morichal (Qll). Orientación foto azimut 115°. Vía Cumaribo - Caño Cumariana. Estación YPS-001-F1. Coordenadas N= 984765, E= 1136593, Cota= 165 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 que tiene de afluentes principales en la plancha 255, el caño Arreita y el caño Yubi (Anexo E). 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.

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 62).



Figura 62. Se observa presencia de Xilópalos de tonalidades oscuras, los cuales presentan variaciones en su densidad entre ellos. Vía caño Guacamayas. Estación YPS-062. Coordenadas N= 984,617, E= 1120445, Cota= 304 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 63).

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 remanescentes del Escudo de la Guyana y a rocas provenientes de la Cordillera Oriental (Figura 63).

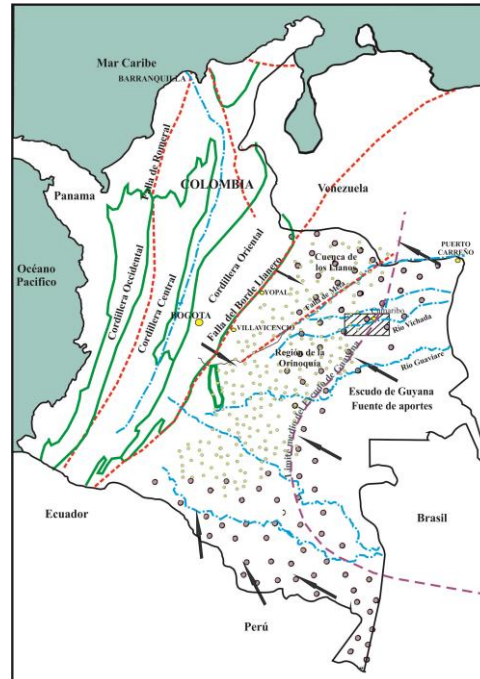


Figura 63. Configuración actual de la cuenca de los Llanos Orientales. (Esquema de propuesta para este trabajo).

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 Guayanés (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 deleznable, 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 255.

La red hidrográfica de la Plancha 255 está conformada principalmente por el río Vichada, el cuál atraviesa de extremo a extremo la plancha, aunque existen también numerosos caños de distinto tamaño que, generalmente, son afluentes de del Vichada. El río, además de proporcionar alimento y agua a los pobladores de la región, constituye 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 178 estaciones, se tomaron 93 muestras y se elaboró un registro fotográfico de la zona, que

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

De acuerdo con el trabajo geomorfológico realizado en la Plancha 255 de Cumaribo, 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 los caños Yubí, Malicia y Urimica. Asimismo las lagunas o madre viejas de mayor importancia como son las de Guipaime, Jabané y Varavaca. 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 cinco unidades litoestratigráficas denominadas de la siguiente manera:

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

La distribución de las unidades cartografiadas de la Plancha 255 (Cumaribo), queda de la siguiente manera: Hacia el centro de la plancha se presenta la extensa y compleja cuenca del río Vichada, donde están los Depósitos de las llanuras de inundación y de cauce aluvial (QII y Qac) con una amplitud de hasta 5 km. Hacia el sur de este confluyen grandes extensiones de Sedimentos pedogenizados asociados a costras ferruginosas (Qcf), los cuales están dispuestos en estratos sub-horizontales a lenticulares de hasta unos 4 metros y, en ocasiones, en forma de bloques sueltos. Generalmente estos depósitos se encuentran cubiertos por vegetación selvática. Al norte de la plancha, específicamente por encima del río Vichada, se encuentran los Depósitos de penillanuras eólicas (Qpe), que pueden alcanzar espesores hasta de 8 metros, y de bancos inconsolidados de arenas de matriz arcillosa, de color marrón medio.

La unidad Qcf se compone esencialmente de capas gruesas macizas de arcillas limosas moteadas y capas medias a gruesas de arenitas de cuarzo y de líticos

de color marrón oscuro, de tamaño fino a grueso, en ocasiones conglomeráticas, 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, con matriz arcillosa, ocasionalmente laminación plana a difusa, y 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 y 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 contienen complejos sistemas de meandros y procesos pedogénicos. En cuanto a las edades de estos depósitos, se ha reportado de Pleistoceno – Holoceno.

Las estructuras geológicas de la Plancha 255 se definieron de la siguiente manera. Con datos de campo se dedujeron los pliegues de Anticlinal de Bopone – Achacara y Sinclinal de Bopone – Cumaribo. Estas estructuras son extensiones regionales que abarcan las Planchas 273, 274 y 255. Además, al trabajo de fotointerpretación se pudieron definir los lineamientos del río Vichada y del caño Dume, los cuales fueron corroborados con algunos datos de campo.

En cuanto a la geoquímica y geología económica de la Plancha 255 (Cumaribo), los elementos Mayores con contenidos anómalos de Tierras Raras, que fueron determinados mediante el método de Fluorescencia de Rayos X - FRX fueron los siguientes:

- El TiO_2 registra un valor del 0.73%, 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 76.7%, es decir, presenta una concentración alta.
- El Al_2O_3 , tienen valor de 8.32%, lo que hace que sea un valor representativos y entran dentro del rango de aceptables. El Fe_2O_3 arrojó un valor de 8,39%, el cual se encuentra debajo de lo reportado por (INGEOMINAS 2006).

En el análisis de las 40 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 932 ppm
- El Vanadio tuvo un promedio de 79 ppm
- El Niobio tuvo promedio de 2 ppm.
- El Hafnio alcanzó promedio de 21 ppm

Los anteriores resultados aunque son bajos en comparación con los reportados por (INGEOMINAS 2006). Son aceptables como potenciales metales de explotación y los convierte 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 determinada mediante el método; Espectrometría de masas con plasma acoplado inductivamente ICP-MS. Registraron las siguientes concentraciones:

- El Itrio presentó promedio de (68.5 ppm),
- El Bario tuvo promedio de de (28 ppm),
- El Manganeso tuvo promedio de (23 ppm)
- El Cesio tuvo promedio de (20.8 ppm).
- El Manganeso tuvo promedio de (20.5 ppm)
- Zinc tuvo promedio de (19.2 ppm).

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

Esta región del Bloque 9, se localiza dentro del marco geológico de la Orinoquia colombiana y entre de la misma o semejante génesis mineral a la que pertenece la Orinoquia, donde existe importantes depósitos cuaternarios que ha sido calificados como aluviales y residuales y que en algunas regiones ya han sido evaluados por (INGEOMINAS, 2006, 1999), quienes han reportados importantes anomalías de minerales como el Fe, Au, Tierras raras, W, Sn, Nb,

Ta y U, además que no están lejos de la fuente primaria. como es el escudo de Guyana. Con estos antecedentes el área de estudio se hace importante para adelantar campañas de exploración y de esta manera se puede delimitar áreas mineralógicas.

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

En el área de la Plancha 255, los fenómenos de naturales que se presentan, son dados por procesos de escorrentía (inundaciones y desbordamiento de los caños secundarios), que también generan procesos erosivos (carcavamiento y erosión fluvial lateral). Adicionalmente, se presentan fenómenos de desertificación, que generan esterilización y pérdida de los suelos.

El departamento del Vichada, en el área de la Plancha 255 (Cumaribo) presenta un paisaje geológico especialmente influenciado por su dinámica hidrológica de los últimos años, con una invaluable presencia de recursos naturales inmuebles no renovables, que destacan el interés en varios sitios debido a su importancia estratigráfica, geomorfológica, hidrogeológica, petrográfica y mineralógica, por lo que merecen ser catalogados dentro del Patrimonio Geológico del departamento.

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

- El estratigráfico, que permite una visión general de los procesos de depositación en ambientes fluviales meandriformes modernos, como se observa en la el río Muco, Guarrojo y caño Algarrobo.
- El geomorfológico, en el que se pueden apreciar las variaciones del paisaje relacionadas a las dinámicas fluviales locales, como se aprecia en los contrastes de vegetación entre sabanas y zonas más selváticas. Además, se observan colinas, las cuales constituyen una geofoma 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 255, 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 Circonio 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 Intevep. Disponible en: <<http://www.pdv.com/lexico/m40w.htm>>.
- BALLESTEROS, J. 2002. Estudio Geomorfológico – Paisajístico del Cañón del Chicamocha en el Tramo Cepitá – Pescadero – Jordán: Aporte al Conocimiento del Patrimonio Geológico del Departamento de Santander. Universidad Industrial de Santander. Escuela de Geología. Bucaramanga.
- BAYONA, G.; VALENCIA, A.; MORA, A.; RUEDA, M.; ORTIZ, J. & MONTENEGRO, O. 2008. Estratigrafía y procedencia de las rocas del Mioceno en la parte distal de la cuenca antepaís de los Llanos de Colombia. Revista Universidad Nacional de Colombia, ISSN 0072-0992, Bogotá.
- BRUNETON, P.; PALLARD, B.; DUSELIER, D.; VARNEY, E.; BOGOTÁ, J., RODRÍGUEZ, C. & MARTIN, E. 1983. Contribución a la geología del oriente de las comisarías del Vichada y del Guainía (Colombia). Geología Norandina. Bogotá. 3-12 p.
- 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. 83 p.
- CIAT & CIRAD. 2001. Agroecología y Biodiversidad de las Sabanas en los Llanos Orientales de Colombia. Cali. 1-21 p.
- 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. 88 p.
- 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, 105 – 123 p.
- DICKINSON, W.R. 1974. Plate tectonics and sedimentation. SEPM Special Publications 22, 1-27 p.
- 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. 182 p.
- 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. & BOORDER, H. 1979b. La Amazonía 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), 753-776 p.
- GALVIS, J. & PERILLA C. 2001. Aspectos Geológicos del Nordeste del Departamento del Vichada. INGEOMINAS, Boletín Geológico. Bogotá. 39 (1-3): 35 – 46 p.
- 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, 162-174 p.
- 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, 529-531 p.
- 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, 2506-2520 p.
- KHOBZI J.; KROONENBERG & FAIVRE, P. 1980. Aspectos Geomorfológicos de la Amazonía y Orinoquía colombianas. IGAC. Revista Cíaf, La Amazonia Colombiana. Bogotá. 5, 97-126 p.
- 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, 140 – 153 p.
- MORA, A.; PARRA, M.; STRECKER, M.R.; SOBEL, E.R.; HOOGHIEMSTRA, H.; TORRES, V. & JARAMILLO, J.V., 2008. Climatic forcing of asymmetric orogenic evolution in the Eastern Cordillera of Colombia. *Geological Society of America Bulletin* 120, 930-949 p.
- 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 p.

- MUÑOZ A. & GÓMEZ O. (1997). Mapa de Anomalías Geoquímicas de Colombia. Escalas: 1:1.500.000. Memoria explicativa Bogotá, 1- 41 p.
- 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. 109-120 p.
- 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.
- WIMBLEDON, W. A. P. 1996. Geosites. ProGEO News, 4: 5 p. Estocolmo. Disponible en: <http://www.sgu.se/progeo/news/96_4f/geosite.html>.