

**GEOMORFOLOGÍA Y ANÁLISIS MORFOESTRUCTURAL DE LOS
DEPÓSITOS CUATERNARIOS DE LA PLANCHA 216-I
DEPARTAMENTO DEL VICHADA**

INGRID BEATRIZ BEJARANO ARIAS



**SERVICIO GEOLÓGICO
COLOMBIANO**
República de Colombia

Universidad
Industrial de
Santander



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-QUÍMICAS
ESCUELA DE GEOLOGÍA
BUCARAMANGA**

2013

**GEOMORFOLOGÍA Y ANÁLISIS MORFOESTRUCTURAL DE LOS
DEPÓSITOS CUATERNARIOS DE LA PLANCHA 216-I
DEPARTAMENTO DEL VICHADA**

INGRID BEATRIZ BEJARANO ARIAS

**Trabajo de Grado para optar al título de
Geóloga**

Director

**FRANCISCO ALBERTO VELANDIA
Profesor Universidad Industrial de Santander**

Codirector

**ALBERTO OCHOA YARZA
Coordinador del Proyecto de Cartografía Geológica, Servicio Geológico
Colombiano**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-QUÍMICAS
ESCUELA DE GEOLOGÍA
BUCARAMANGA**

2013



Libertad y Orden

**SERVICIO GEOLÓGICO
COLOMBIANO**

República de Colombia



Universidad
Industrial de
Santander



AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Industrial de Santander, específicamente a la Escuela de Geología por brindarme el conocimiento y fomentar mi crecimiento como profesional.

Al profesor Francisco Velandia, director de mi proyecto, por su orientación y sugerencias las cuales impulsaron la culminación de este proyecto.

A Alberto Ochoa, codirector del proyecto, quien con sus consejos y colaboración facilitó la experiencia y realización del proyecto.

A mis compañeros del Proyecto Vichada en el Servicio Geológico Colombiano, muchas gracias por su paciencia y continua ayuda, la cual me ofrecieron abiertamente.



Libertad y Orden

**SERVICIO GEOLÓGICO
COLOMBIANO**

República de Colombia



Universidad
Industrial de
Santander



DEDICATORIA

A Dios por bendecirme todos los días y darme el empuje necesario para finalizar otra etapa de mi vida.

A mis padres y mi hermana, Aristóbulo, Gladys y Sigrid, por su incondicional amor, comprensión y apoyo en los momentos indispensables, logré terminar con éxito mi carrera profesional.

A mis demás familiares por su compañía y constante ánimo en todo momento de mi vida.

A mis amigos por las experiencias vividas y por brindarme su compañía a lo largo de estos años.



TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	19
1. OBJETIVOS	21
1.1 OBJETIVO GENERAL	21
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	21
2. METODOLOGÍA	22
2.1 FASE INICIAL	22
2.1.1 RECOPIACIÓN BIBLIOGRÁFICA	23
2.1.1 SENSORES REMOTOS	23
2.2 FASE DE CAMPO	23
2.3 FASE FINAL	25
3. GENERALIDADES	26
3.1 LOCALIZACIÓN	26
3.2 VÍAS DE ACCESO	27
3.3 CLIMA	29
3.4 HIDROGRAFÍA	29
3.5 VEGETACIÓN	30
3.6 POBLACIÓN	32
3.7 ANTECEDENTES	33
4. GEOMORFOLOGÍA	37
4.1 ALTILLANURA	38
4.1.1 PLANICIE NO DISECTADA	39



Libertad y Orden

**SERVICIO GEOLÓGICO
COLOMBIANO**

República de Colombia



Universidad
Industrial de
Santander



4.1.2 PLANICIE DISECTADA	40
4.2 PLANICIES ALUVIALES.....	41
4.2.1 DEPÓSITOS DE LLANURA DE INUNDACIÓN	42
4.3 GEOMORFOLOGIA FLUVIAL	43
5. GEOLOGÍA REGIONAL	44
5.1 ESTRATIGRAFÍA	44
5.1.1 PRECÁMBRICO	44
5.1.1.1 GRANITO DE PARGUAZA.....	46
5.1.1.2 CERRO EL CARAJO	49
5.1.2 CENOZOICO	52
5.1.2.1 PALEÓGENO-NEÓGENO.....	52
5.1.2.2 CUATERNARIO.....	54
5.2 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL.....	57
5.3 GEOLOGÍA HISTÓRICA.....	62
5.3.1 EVOLUCIÓN DEL CRATÓN AMAZÓNICO	63
6. GEOLOGÍA LOCAL	66
6.1 ESTRATIGRAFÍA	66
6.1.1 CUATERNARIO.....	66
6.1.1.1 Costras Ferruginosas (Qcf).....	66
6.1.1.2 Depósito de Penillanura (Qp).....	70
6.1.1.3 Depósitos de Llanura de Inundación (QII)	74
6.1.1.4 Depósitos Aluviales de Cauce (Qac)	75
6.2 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL.....	76
6.3 GEOLOGÍA HISTÓRICA.....	77



Libertad y Orden

**SERVICIO GEOLÓGICO
COLOMBIANO**

República de Colombia



6.3.1 EVOLUCIÓN A NIVEL LOCAL	77
7. ANÁLISIS DETALLADO DE LOS DEPÓSITOS CUATERNARIOS	79
7.1 ANÁLISIS GEOMORFOLÓGICO	79
7.1.1 IDENTIFICACIÓN DE LOS DEPÓSITOS CUATERNARIOS A TRAVÉS DE LA INTERPRETACIÓN DE IMÁGENES SATELITALES	79
7.2 CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA DE LA PLANCHA 216-I	82
7.2.1 DESCRIPCIÓN DE UN NUEVO DEPÓSITO CUATERNARIO	85
7.3 ANÁLISIS SEDIMENTOLÓGICO	88
7.3.1 COMPILACIÓN DE DATOS Y MUESTRAS DE CAMPO	88
7.3.2.1 ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS BASADO EN EL TAMIZAJE	90
7.3.2.2 ANÁLISIS MACROSCÓPICO DE LAS MUESTRAS TAMIZADAS	100
7.4 ANÁLISIS DE LA GEOMORFOLOGÍA ESTRUCTURAL	105
7.4.1 JERARQUIZACIÓN Y RECTIFICACIÓN DE LOS DRENAJES DE LA PLANCHA 216	106
7.4.1.1 JERARQUIZACIÓN DE LA RED DE DRENAJE	106
7.4.1.2 CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS	107
7.4.2 MEDICIÓN DE LA ASIMETRÍA DE UNA CUENCA	112
7.4.2.1 Cuenca del caño Gavilán	116
7.4.2.2 Cuenca del caño Negro	117
7.4.2.3 Cuenca del caño El Boral	118
8. CONCLUSIONES	122
9. RECOMENDACIONES	124
BIBLIOGRAFÍA	125
ANEXOS	130



Libertad y Orden

**SERVICIO GEOLÓGICO
COLOMBIANO**

República de Colombia



TABLA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Diagrama de flujo.....	22
Figura 2. Ubicación del Departamento del Vichada, sus municipios y la zona de estudio.	26
Figura 3. Ubicación de la plancha 216-I en el Departamento del Vichada.....	27
Figura 4. Aeropuerto de La Primavera,.....	28
Figura 5. Vías de Acceso Terrestre	28
Figura 6. Drenajes Principales presentes en la Plancha 216-I.	30
Figura 7. Bosque de Galerías, ubicado en cercanía al caño Guacarrá, hacia el sur oeste de la plancha 216. Se observa el cambio evidente de vegetación con respecto a la sabana.....	31
Figura 8. Arbusto tipo chaparro de agua, usado para identificar los depósitos próximos a los caños o ríos, en este caso se encuentra cerca al caño El Boral.	32
Figura 9. Pasto tipo saeta, se encuentra a lo largo de toda la sabana.	32
Figura 10. Imagen LANDSAT, corresponde a un segmento de la Plancha 216 a escala 1:100.000.....	38
Figura 11. Ubicación de la Falla del río Meta, separando la altillanura de la planicie Aluvial	39
Figura 12. Planicie No Disectada.....	40
Figura 13. Planicie Disectada	41



Libertad y Orden

**SERVICIO GEOLÓGICO
COLOMBIANO**

República de Colombia



Figura 14. Llanura de Inundación del caño Gavilán.....	42
Figura 15. Imagen LANDSAT de la zona de estudio, plancha 216-I.....	43
Figura 16. Mapa donde se observan los escudos de Guyana y Guaporé se parado por la cuenca amazónica.....	45
Figura 17. Mapa donde se muestra la distribución de las provincias geocronológicas y la asociación litológica del Cratón Amazónico	46
Figura 18. Panorámica del Granito de Parguaza en el Departamento del Vichada.....	47
Figura 19. Detalle de la textura Rapakivi, evidencia de los fenocristales de feldespatos zonados con minerales máficos dentro de ellos.	48
Figura 20. Ubicación del Cerro el Carajo	50
Figura 21. Panorámica del Cerro El Carajo	51
Figura 22. Niveles del segundo segmento, donde se muestra el detalle de la arenisca grano creciente; columna del río Bitá	54
Figura 23. Dunas Eólicas en el departamento de Arauca.....	55
Figura 24. Identificación de los depósitos Qpe por sus tonalidades claras, en la parte oriental del Departamento del Vichada.....	56
Figura 25. Mapa de los límites de la cuenca de los llanos orientales.	58
Figura 26. Lineamientos reconocidos en los Andes de Mérida y en la Cordillera Oriental de Colombia.	59
Figura 27. Bloques determinados por lineamientos (fallas profundas) de dirección NO - SE Y NNE - SSO 0 NE – SO.	60
Figura 28. Evolución de la cuenca Andina tipo Foreland	61
Figura 29. Ubicación de la zona de estudio en la cuenca Foreland.....	62



Libertad y Orden

**SERVICIO GEOLÓGICO
COLOMBIANO**

República de Colombia



Figura 30. Mapa esquemático del Escudo de Guyana	64
Figura 31. Penillanura ondulada	67
Figura 32. Costras ferruginosas presentes como nódulos.	68
Figura 33. Tabla de los aspectos generales de los perfiles en los depósitos Qcf	69
Figura 34. Costras de hierro ferruginosas con concentraciones de óxidos de hierro.....	69
Figura 35. Depósitos de Penillanura	71
Figura 36. Depósitos de Penillanura.	72
Figura 37. Perfil del depósito Qp.....	73
Figura 38. Depósito de llanura de inundación con materia orgánica.	74
Figura 39. Depósito Aluvial de Cauce, cubiertos por bosques de galerías.	75
Figura 40. Depósito de Qac con tonalidades abigarradas.	76
Figura 41. Río Bitá cerca a sus cabeceras.	77
Figura 42. Identificación de los depósitos cuaternarios.	80
Figura 43. Acetato donde se plasmó la interpretación de la Imagen LANDSAT de la plancha 216 a escala 1:100.000	81
Figura 44. Paso de los polígonos del acetato al mapa topográfico.....	81
Figura 45. Mapa geomorfológico de la zona de estudio, sección I de la plancha 216.....	82
Figura 46. Ubicación del depósito Qll y Qcf a lo largo del caño Gavilán, en el mapa geológico.....	83
Figura 47. División relacionada con los tipos de drenajes encontrados en la zona de estudio, subdendrítico (1) y subparalelo (2)	84



Libertad y Orden

**SERVICIO GEOLÓGICO
COLOMBIANO**

República de Colombia



Figura 48. Comparación del mapa interpretado inicial con el mapa geológico final	85
Figura 49. Depósito ubicado hacía el sureste del caño Gavilán.	86
Figura 50. Surales del Qpi.	87
Figura 51. Mapa geológico de la plancha 216-I	88
Figura 52. Sección del mapa donde se encuentran las muestras analizadas, ubicadas hacia el norte y sur del caño Gavilán, en la parte central y oriental del mapa.....	89
Figura 53. Muestras secas y pesadas para realizar el tamizado.	90
Figura 54. Tamiz utilizado en el laboratorio con las 6 mallas nombradas anteriormente.....	92
Figura 55. Distribución del tamaño de grano de la muestra IBA-043.....	97
Figura 56. Distribución del tamaño de grano de la muestra IBA-035.....	98
Figura 57. Distribución del tamaño de grano de la muestra IBA-025.....	99
Figura 58. Distribución del tamaño de grano de la muestra IBA-022.....	100
Figura 59. Lupa Binocular	100
Figura 60. Foto de la muestra IBA-022 en lupa con aumento de 3x.....	101
Figura 61. Granos de la muestra IBA-025 en 3x.....	102
Figura 62. Cuarzos hialinos, granos negros y líticos rojos, muestra IBA-026 .	103
Figura 63. Muestra IBA-033.....	104
Figura 64. Muestra IBA-043 de tonalidades crema y rojizas.....	105
Figura 65. Jerarquización de la red de drenaje.....	107
Figura 66. Rectificación de los drenajes	108
Figura 67. Mapa de jerarquización y rectificación.....	109



Figura 68. Roseta de las tendencias de los drenajes de Orden 1.....	110
Figura 69. Roseta de las tendencias de los drenajes de orden 2	111
Figura 70. Roseta de las tendencias de los drenajes de orden 3	111
Figura 71. Rosetas de tendencia de los drenajes de orden 4 (verde) y 5 (rosado).	112
Figura 72. Bloque diagrama que muestra el factor de asimetría.....	113
Figura 73. Mapa de rectificación donde se observa los caños subparalelos, caño Gavilán (1), caño Negro (2) y caño El Boral (3).	115
Figura 74. Cuenca del caño Gavilán.....	116
Figura 75. Cuenca del caño Negro	117
Figura 76. Cuenca del caño El Boral	118
Figura 77. Ubicación del depósito Qcf en el lado este del caño Negro.....	119
Figura 78. Bloquediagrama del basculamiento de las cuencas hidrográficas.	121



LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Demografía del Departamento del Vichada.	33
Tabla 2. Ubicación de las muestras analizadas.....	89
Tabla 3. Tabla de tamaño de grano con la equivalente a la malla del tamizaje .	91
Tabla 4. Valores del peso de las muestras (gm) en cada malla del tamiz (μm)	93
Tabla 5. Resultados texturales de las muestras analizadas	94
Tabla 6. Valores logarítmicos de Sorteamiento, Sesgo (<i>Skewness</i>) y Curtosis según Folk & Ward, (1957)	95
Tabla 7. Resultados según Folk y Ward	95
Tabla 8. Resultados granulométricos de las muestras	96



LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO A. Mapa Geológico de la Plancha 216-I, a escala 1:50.000.	131
ANEXO B. Mapa de Jerarquización y Rectificación de la plancha 216.....	132
ANEXO C. Mapa de las estaciones de campo	133



RESUMEN

TÍTULO: GEOMORFOLOGÍA Y ANÁLISIS MORFOESTRUCTURAL DE LOS DEPÓSITOS CUATERNARIOS DE LA PLANCHA 216-I DEPARTAMENTO DEL VICHADA *.

AUTOR: INGRID BEATRIZ BEJARANO ARIAS.**

PALABRAS CLAVE: Depósitos Cuaternarios, Cuenca Hidrográfica, Penillanura, Departamento del Vichada, Análisis de Drenaje.

El aumento de la exploración minera, de hidrocarburos y del interés en las amenazas geológicas en el país, ha incrementado la necesidad e importancia de poder suministrar un conocimiento geológico completo a la sociedad. Por esta razón, el Servicio Geológico Colombiano se ha propuesto llenar los vacíos en el conocimiento geológico de Colombia, es decir, en las zonas que no han sido estudiadas, como es el caso de la parte oriental del país, específicamente el departamento del Vichada.

El área de estudio, plancha 216-I, se encuentra en la parte noroeste del departamento del Vichada, en cercanías con el río Meta, hacia Casanare. Esta zona está cubierta por depósitos cuaternarios los cuales por medio del trabajo de interpretación de imágenes satelitales, salida de campo con su posterior estudio y análisis, fueron caracterizados y discriminados en 5 depósitos llamados depósitos asociados a costras ferruginosas (Qcf), depósitos de penillanura (Qp), depósitos de penillanura inundable (Qpi), depósitos de llanura de inundación (QII) y depósitos aluviales de cauce (Qac). De igual manera se hizo un estudio granulométrico de las muestras recogidas en campo además de un análisis de los drenajes presentes en la zona, los cuales presentan ciertas características anómalas como ser subparalelos entre sí.

Los resultados obtenidos de este proyecto, como los cinco depósitos del cuaternario anteriormente mencionados, fueron plasmados en el mapa geológico de la plancha 216-I. Asimismo se sugiere, sobre la situación de los drenajes y su disposición, la presencia un basculamiento que parece estar relacionado con la falla del río Meta.

* Proyecto de Grado. Modalidad: Trabajo de Investigación.

**Facultad de Ingenierías Físicoquímicas. Escuela de Geología. Director: M. Sc. Francisco Velandía. Codirector: Alberto Ochoa Yarza.



ABSTRACT

TITLE: GEOMORPHOLOGY AND MORFOSTRUCTURAL ANALYSIS OF THE QUATERNARY DEPÓSITS IN THE 216-I SHEET DEPARTAMENTO DE VICHADA*.

AUTHOR: INGRID BEATRIZ BEJARANO ARIAS **.

KEY WORDS: Quaternary Deposits, Drainage Basin, Peneplain, Department of Vichada, Drainage Analysis.

The elevated interest that gained the mine and hydrocarbon exploration as well as the geological hazards in Colombia made equally vital the need to supply the geological knowledge for society. This is the reason why the Colombian Geological Service decided to fill up these knowledge gaps, which include unstudied areas such as the eastern part of the country, specifically the department of Vichada.

The study area, 216-I sheet, is located in the northwestern part of the department of Vichada, nearby the Meta river, towards the department of Casanare. This sheet is covered with quaternary deposits which were described in 5 different types of deposits, related to iron duricrust (Qcf), peneplain deposits (Qp), flood peneplain (Qpi), floodplain (Qll) and alluvial channel (Qac). These 5 quaternary deposits were distinguished through the process of satellite images interpretation, field work and further analysis. In addition, the collected samples were submitted to a granulometric study as well as the drainage analysis made due to the unusual disposition of the main drainage basins, which have the tendency to be alongside each other.

Among the products of this project was the geological map of the 216-I sheet, with the 5 quaternary deposits depicted in it. Likewise it is suggested, in reference to the disposition of the drainage basins, a tilting which might be related to the Meta river's fault.

* Graduate Project. Mode: Research Project.

** Faculty of Physicochemical Engineering. School of Geology. Director: M. Sc. Francisco Velandia. Codirector: Alberto Ochoa Yarza.



Libertad y Orden

**SERVICIO GEOLÓGICO
COLOMBIANO**

República de Colombia



Universidad
Industrial de
Santander



INTRODUCCIÓN

Este proyecto realiza la Cartografía Geológica a escala 1:50.000 de la plancha 216-I localizada en el Departamento del Vichada, el cual se encuentra ubicado en los Llanos Orientales, al lado más oriental de Colombia. La zona de estudio está situada en la parte noroeste del departamento, en cercanías al río Meta.

El proyecto de la Cartografía del Vichada se lleva a cabo en una zona de poco conocimiento geológico debido a su difícil acceso y ubicación. Sin embargo, se logra llegar a la zona y se hacen los recorridos con el fin de recolectar información sedimentológica y muestras para posteriormente hacer su análisis e interpretación correspondientes.

El plan de trabajo propone, en primera instancia, generar un conocimiento previo a la fase de campo mediante la interpretación de imágenes satelitales, además de la recopilación y revisión de la mayor cantidad de información de estudios anteriores hechos de la zona de estudio. Luego de la fase de campo se hace el debido estudio de los resultados obtenidos y el planteamiento de conclusiones.

La información nueva y actualizada de este proyecto es de gran importancia para Colombia dado que se complementa el conocimiento geológico regional. De esta manera se empieza a tener una base para suplir la falta de conocimiento y se brinda información a las compañías interesadas en la zona y al público en general. Además de lograr completar uno de los propósitos del Servicio Geológico Colombiano, terminar la geología de las planchas faltantes del País.

Los estudios y conclusiones generados en este proyecto, entre los cuales se encuentra el análisis de las cuencas hidrográficas principales de la zona y un estudio granulométrico de las muestras recogidas en campo, son el aporte de



este trabajo de investigación que darán lugar a futuras investigaciones para tener un entendimiento completo y substancial de la información geológica del departamento del Vichada.



Libertad y Orden

**SERVICIO GEOLÓGICO
COLOMBIANO**

República de Colombia



Universidad
Industrial de
Santander



1. OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar la Cartografía Geológica y Geomorfológica, así como un análisis morfoestructural de 600Km², a escala 1:50.000, de la plancha 216-I localizada en el Departamento del Vichada.

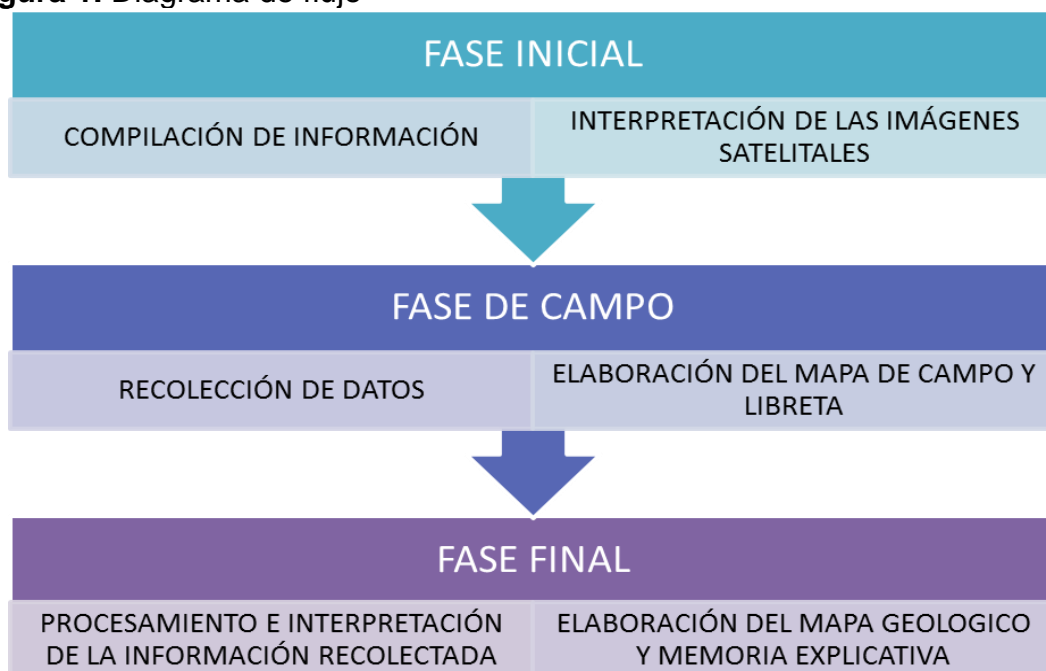
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Obtener un mapa fotogeológico de la plancha 216-I (escala 1:50.000) con base en imágenes de satélite, modelos digitales del terreno y fotografías aéreas.
- Levantar y procesar los datos de campo para llevar a cabo la caracterización sedimentológica y estratigráfica de las unidades presentes en la zona de estudio.
- Generar el mapa geológico a escala 1:50.000 de la plancha 216-I con su respectivo informe técnico.
- Realizar un análisis basado en la geomorfología estructural de la zona de estudio, teniendo en cuenta los tres caños principales.

2. METODOLOGÍA

Para llevar a cabo todas las actividades y objetivos propuestos se realizó la ejecución del proyecto de manera secuencial, logrando que los productos de cada parte favorecieran la culminación de la actividad siguiente. Teniendo esto en cuenta, se plantearon las siguientes fases con su respectivo diagrama de flujo (Figura 1).

Figura 1. Diagrama de flujo



2.1 FASE INICIAL

La fase inicial, se encuentra compuesta por dos etapas: La recopilación bibliográfica y el análisis de sensores remotos, los cuales serán descritas a continuación.



Libertad y Orden

**SERVICIO GEOLÓGICO
COLOMBIANO**

República de Colombia



2.1.1 RECOPIACIÓN BIBLIOGRÁFICA

Esta etapa comprende la recopilación y compilación de la información bibliográfica existente en el área del proyecto. Esta fase se desarrolló con la lectura de todo el material disponible y posterior selección de la información que hace referencia a la zona de estudio. Esta primera etapa es de vital importancia, dado que proporciona el nivel de información y conocimiento existente sobre el territorio, en este caso, del Departamento del Vichada. Igualmente la recopilación, compilación y el entendimiento de la información, se usó como herramienta para planear las fases siguientes.

2.1.1 SENSORES REMOTOS

En esta fase se realizan actividades asociadas con la búsqueda, adquisición y análisis de imágenes de satélite. Para ello se realizó la interpretación de imágenes landsat ETM P5ROW56 y P5ROW57 del año 2001 con composición RGB 452 a escala 1:100.000. El análisis de las imágenes, conllevó a la descripción y delimitación de las unidades geomorfológicas y rasgos estructurales (lineamientos, escarpes, entre otros), teniendo en cuenta además los patrones de drenaje, grados de disección, los tonos, las texturas, con el fin de generar un mapa fotogeológico a escala 1:50.000 y 1:100.000, insumo necesario para el planeamiento de las transectas y recorridos a realizarse durante la etapa de campo, con el fin de obtener la mayor información geológica posible de la zona de interés.

2.2 FASE DE CAMPO

Se considera la fase más importante dentro del desarrollo del proyecto, debido a que en ella se realiza la captura de información primaria de la zona de estudio. Esta etapa se encuentra compuesta por la recopilación de datos y la elaboración del mapa de campo y libreta.



Libertad y Orden

**SERVICIO GEOLÓGICO
COLOMBIANO**

República de Colombia



Universidad
Industrial de
Santander



Esta fase está conformada por las labores de cartografía geológica de la plancha 216-I a escala 1:50.000. Para acceder a la zona de estudio se realizó el desplazamiento por vía terrestre desde la ciudad de Bogotá hasta Villavicencio y luego por vía aérea al municipio de La Primavera, localizada en las riveras del río Meta, departamento del Vichada. Posteriormente se utilizó transporte terrestre a través de las vías principales (carretables) hacia el sur del Municipio de La Primavera hasta llegar al área de trabajo.

De igual manera se lleva a cabo el planeamiento de las actividades del levantamiento geológico de 600 Km² correspondiente a la plancha 216-I a escala 1:50.000, fundamentado en los mapas geológicos. Además se procedió al reconocimiento de la zona de trabajo, donde se hace la inspección de las mejores secciones donde aflora en su totalidad o de manera más representativa las unidades geológicas identificadas previamente a través del mapa fotogeológico; obteniendo estaciones y puntos de control tomados a intervalos entre 500m a 1Km, nombrados con las iniciales del nombre y apellidos del geólogo y un número consecutivo, cuya ubicación se realizó con un equipo de GPS.

Posteriormente se inició la recolección de datos, teniendo en cuenta parámetros como las características morfológicas y estructurales del área seguido por una descripción general del depósito, considerando los rasgos texturales, características composicionales, color, alteraciones y toma de fotografías. En muchas ocasiones se realizaron apiques con el fin de facilitar la descripción de la unidad debido a que los depósitos cuaternarios en el departamento del Vichada exhiben grado alto de meteorización y la presencia de procesos pedogenéticos. Cuando se tiene claro la ubicación en una determinada unidad, el punto es plasmado en el mapa fotogeológico, para así calibrar los polígonos que representan las unidades geológicas, conllevando a la obtención de los mapas geológicos de campo a escala 1:50.000 de la plancha 216-I. Al mismo tiempo, se realizó la recolección de muestras, direccionada a la determinación de las características más representativas de



Libertad y Orden

**SERVICIO GEOLÓGICO
COLOMBIANO**

República de Colombia



Universidad
Industrial de
Santander



los depósitos aflorantes en la zona. Cada muestra se identifica con el número de la estación y una abreviatura que indica el tipo de análisis de laboratorio propuesto para ella (Geoquímica G, petrografía: P, granulometría: Gr, datación :D). Asimismo todos los datos obtenidos en campo son plasmados en la libreta de campo, la cual se pasa posteriormente a formato análogo, se hace un mapa geológico preliminar de campo, un mapa de muestras y el anexo fotográfico en formato digital.

2.3 FASE FINAL

Esta última fase integra toda la información que se trae de la etapa anterior, complementado con los resultados de los análisis de laboratorio (análisis granulométricos) con el fin de caracterizar los depósitos cuaternarios, a través del tamizaje y el uso de la lupa binocular.

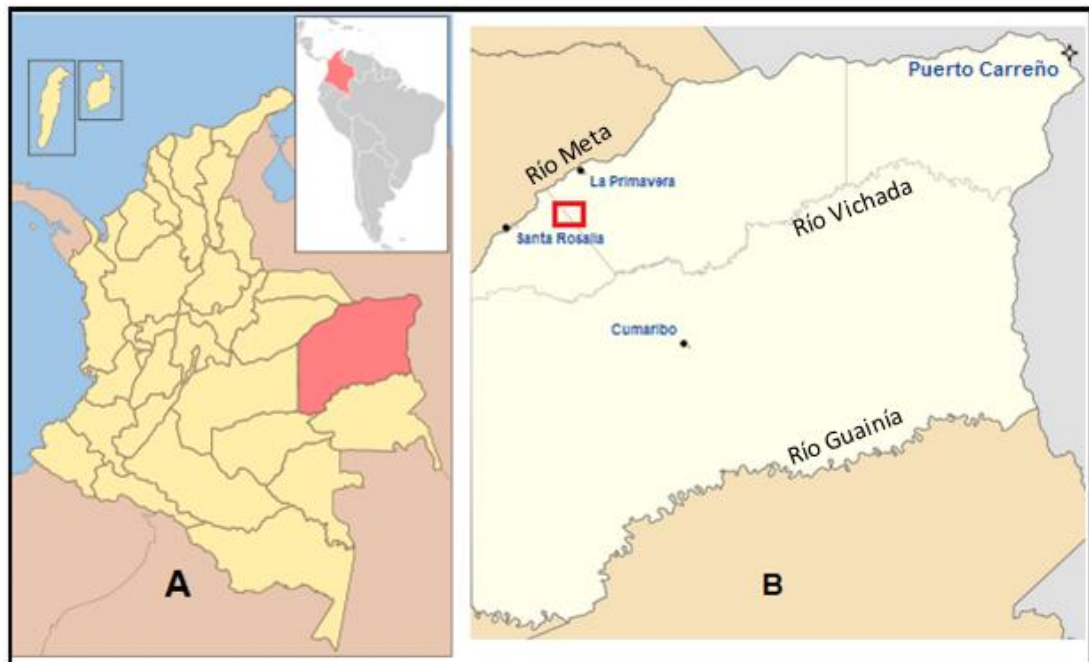
El mapa geológico en este trabajo se hizo a escala 1:50.000, a partir del conocimiento generado en las etapas preliminares. Todos los resultados obtenidos de las fases anteriores, más las conclusiones están plasmadas en la memoria explicativa.

3. GENERALIDADES

3.1 LOCALIZACIÓN

La zona de estudio, plancha 216-I, se encuentra ubicada en el Departamento del Vichada, tiene un área de 600 Km² y está ubicada entre dos municipios, La Primavera y Santa Rosalía, localizados hacia el noroeste del Departamento del Vichada (Figura 2B). Sus límites departamentales son, por el norte con Casanare y Arauca, por el occidente con el Meta, al sur con Guaviare y Guainía (Figura 2A).

Figura 2. Ubicación del Departamento del Vichada, sus municipios y la zona de estudio.



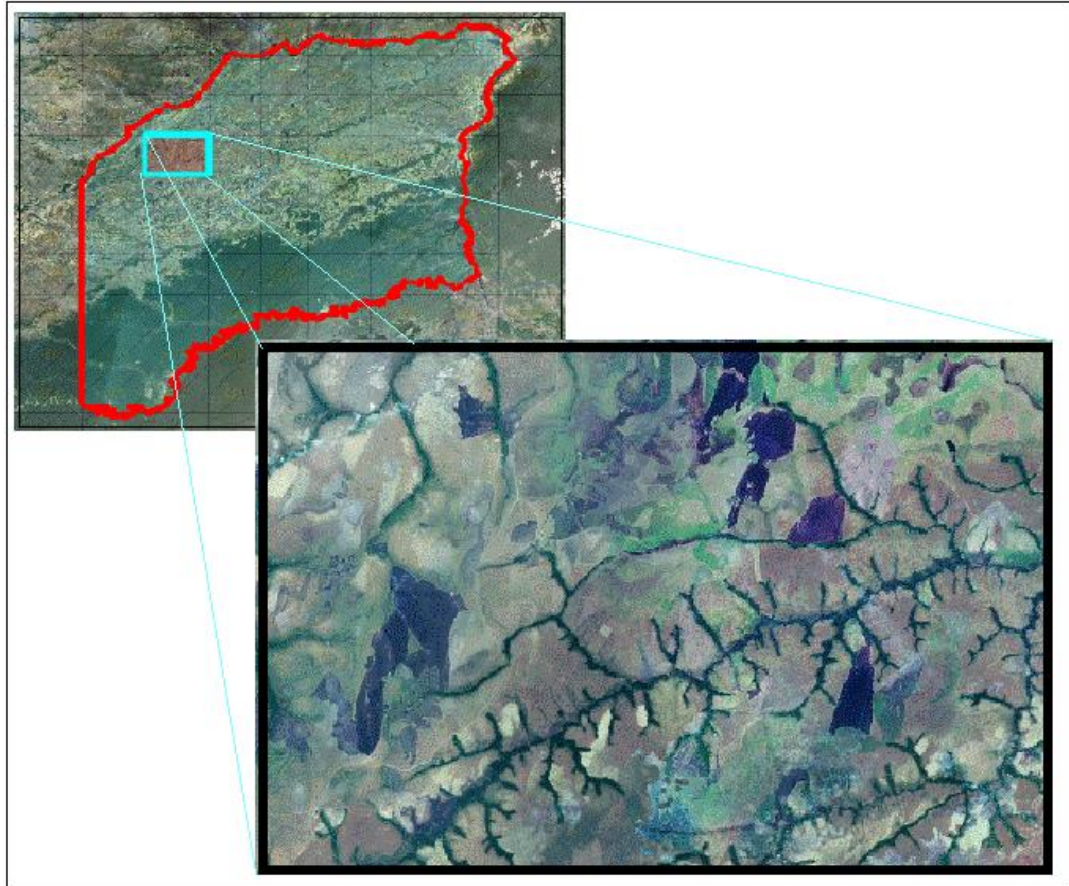
Fuente: A) Tomado de la página web epistemowikia B) Tomado y modificado de la página web Wikipedia.

La plancha 216-I (Figura 3), perteneciente a la plancha 216-El Boral, a escala 1:100.000, es limitada por las coordenadas:

N_1 : 1.060.000 y N_2 : 1.080.000

E_1 : 1.060.000 y E_2 : 1.090.000

Figura 3. Ubicación de la plancha 216-I en el Departamento del Vichada.



Fuente: Tomado de la página web del IGAC (Instituto Geográfico Agustín Codazzi).

3.2 VÍAS DE ACCESO

Una de las principales vías de acceso al municipio de La Primavera es por vía aérea, cuenta con un pequeño aeropuerto a donde llegan avionetas desde Villavicencio (Figura 4).

Figura 4. Aeropuerto de La Primavera,



Fuente: Tomada por el autor.

Hay varias rutas terrestres para llegar a la zona de estudio, pero no están pavimentadas y se pueden utilizar principalmente en la época de verano, es decir, desde Diciembre hasta Abril. En la época de invierno solo se puede acceder usando camionetas de doble tracción, debido a su difícil acceso (Figura 5).

Figura 5. Vías de Acceso Terrestre



Fuente: Tomada por el autor.



Libertad y Orden

**SERVICIO GEOLÓGICO
COLOMBIANO**

República de Colombia



Universidad
Industrial de
Santander



3.3 CLIMA

Según Corporinoquía (Corporación Autónoma Regional De La Orinoquia), la altitud media del Municipio de La Primavera es de 117 m.s.n.m correspondiente al piso térmico cálido con una temperatura media de 27.5 °C y una precipitación que supera los 2000 mm anuales.

Debido a la ubicación de la Orinoquía sobre la línea ecuatorial, el Departamento del Vichada está influenciado por los vientos alisios del noreste y sureste y por la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT).

La Corporinoquía plantea que, en general se diferencian tres áreas con diferentes situaciones pluviométricas; la más seca, se encuentra al noroeste del departamento en límites con los departamentos de Arauca y Casanare y se caracteriza por tener una precipitación promedio anual menor de 1.500 mm. La franja intermedia, al centro y noreste del territorio, presenta lluvias anuales entre 1.500 y 2.000 mm; la más lluviosa, encontrada al sur, registra promedios anuales superiores a 2.000 mm. El régimen de lluvias cuenta con una temporada húmeda que comprende los meses de abril a octubre. Las tierras de Departamento del Vichada están comprendidas en el piso térmico cálido, donde la temperatura media anual sobrepasa los 25°C.

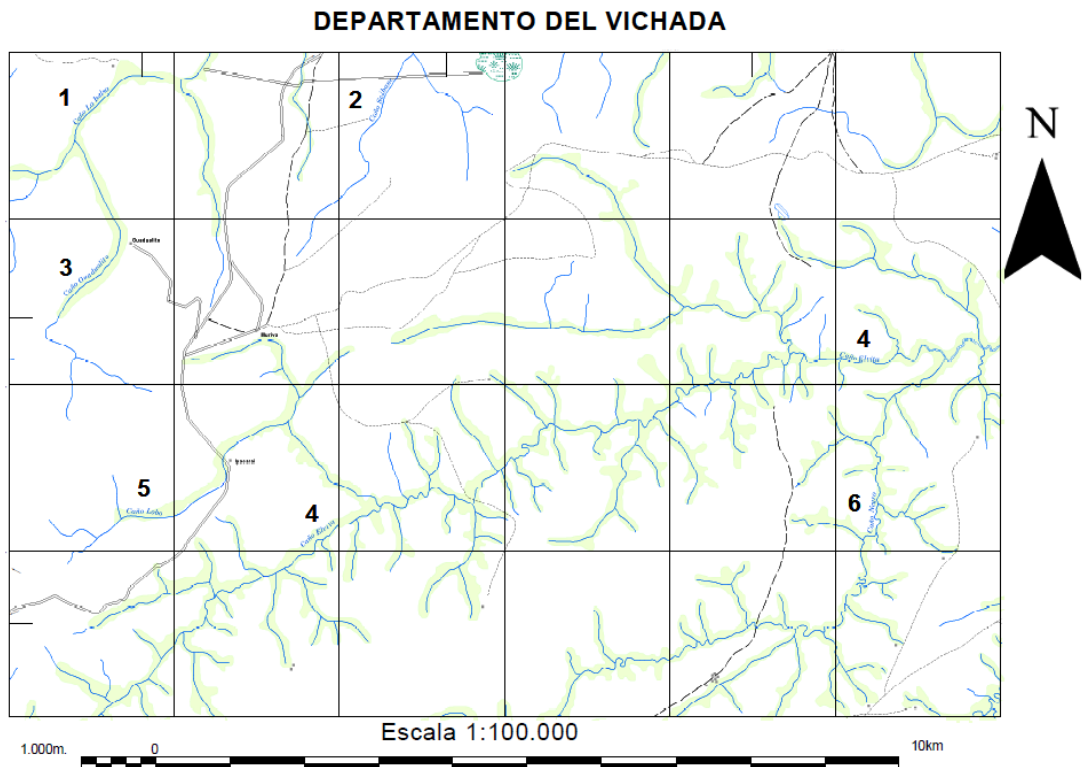
3.4 HIDROGRAFÍA

La red hidrográfica del Departamento del Vichada está conformada por grandes ríos, quebradas y caños que vierten sus aguas en los ríos principales como el Meta, Vichada, Guaviare y Tomo. Todos estos ríos desembocan en el río Orinoco. Otros ríos son el Bitá, Tuparro, Uvá, Elbita, Muco, Iteviare y Siare, y los caños Tuparrito, Bravo, Negro y Gavilán.

En la zona de estudio se encuentran los caños Negro y Gavilán, (Figura 6, No.4 y 6 respectivamente) como los principales afluentes y los caños La Balsa, Saibane, Guadualito y Lobo (Figura 6, No. 1, 2, 3 y 5), de menor envergadura.

La mayoría de estos drenajes tienen una orientación NE-SW y sus aguas corren hacia el NE, es decir que son subparalelos. El caño más extenso de la zona es el Gavilán que atraviesa de lado a lado; y los caños Lobo y Negro vierten sus aguas en él (Figura 6).

Figura 6. Drenajes Principales presentes en la Plancha 216-I.



Fuente: Tomado y modificado de la plancha topográfica 216, Caño El Boral, del IGAC del Departamento del Vichada.

3.5 VEGETACIÓN

La vegetación de la zona de estudio está compuesta, en su mayoría, por sabana y por los bosques de galerías (Figura 7), situados en los principales drenajes como lo son los caños el Boral, Negro, Lobo, Gavilán, Guadualito, La Balsa y Saibane.

Figura 7. Bosque de Galerías, ubicado en cercanía al caño Guacarrá, hacia el sur oeste de la plancha 216. Se observa el cambio evidente de vegetación con respecto a la sabana.



Fuente: Tomada por el autor.

La vegetación de sabana presenta una diversidad de árboles y arbustos, entre los que se resaltan: piñas de corozo adornada con mastrantales, chaparrales rodeados de escobillas, gualandayes, cedros, varablanca, mora, simbrapotro, ceiba, trompillo, caruto, aceite, cañafístola, jobo, mora, zasafras, alcornoque, abejón, congrio, guatero, flor amarillo, chaparro de agua (Figura 8), samán, cometure, cuajo, caraño, pavito, guarataro, morichales, palmares etc. y pastos naturales como el saeta (Figura 9).

Figura 8. Arbusto tipo chaparro de agua, usado para identificar los depósitos próximos a los caños o ríos, en este caso se encuentra cerca al caño El Boral.



Fuente: Tomada por el autor.

Figura 9. Pasto tipo saeta, se encuentra a lo largo de toda la sabana.



Fuente: Tomada por el autor.

3.6 POBLACIÓN

El Departamento del Vichada tiene una población de 55872 habitantes, según el censo del 2005, concentrada en el Municipio de Puerto Carreño, su capital. Los otros tres municipios que componen el departamento son Cumaribo,

situado hacia el sur, limitando con el departamento del Amazonas; Santa Rosalía y La Primavera ubicados hacia el noroeste del Vichada. Alrededor del 45% de la población vive en la zona urbana o cabecera, el otro 55% vive en la zona rural, como se observa en la Tabla 1.

Tabla 1. Población presente en el Departamento del Vichada.

Viviendas, Hogares y Personas				
Área	Viviendas Censo	Hogares General	Personas 2005	Proyección Población 2010
Cabecera	3.967	4.410	18.687	26.150
Resto	4.992	5.014	25.905	37.520
Total	8.959	9.424	44.592	63.670

Fuente: Tomado del censo de DANE 2005.

El 52,8% de la población está conformada por blancos y mestizos; el 44,4% es indígena, entre los cuales se encuentran los indígenas Piapoco, Puinave, Sikuni, Piaroa, Cubeo, entre otros; y el 2,8% restante está compuesto de afrodescendientes.

3.7 ANTECEDENTES

Según los resultados de la fase de recopilación bibliográfica, la información recolectada de la plancha 216-I situada hacia el noroeste del departamento del Vichada, es muy poca y la existente se presenta a nivel regional, es decir que los artículos están generalizados a todo el departamento del Vichada o todos los llanos orientales. Las referencias vienen de los estudios que fueron hechos por trabajos de grado y artículos sobre investigaciones de temas más específicos como lo son los informes de las comisiones anteriores, hechas por el Servicio Geológico Colombiano.



Libertad y Orden

**SERVICIO GEOLÓGICO
COLOMBIANO**

República de Colombia



Entre estos investigadores vale la pena destacar por sus informes relacionados con el tema de estudio a los siguientes autores.

Goosen, D. (1971) fue uno de los primeros en tocar el tema de las unidades geológicas de los Llanos Orientales de manera regional. Desarrolló su publicación llamada Fisiografía y Suelo de los Llanos Orientales, Colombia, donde describe la geología de la zona, incluyendo la edad de los sedimentos y las unidades fisiográficas junto con las asociaciones de suelos. Entre estas acciones se encuentran las llanuras aluviales, los planos eólicos y los “esteros”, suelos que permanecen permanentemente mojados. En la geología propone, entre otras cosas, que la llanura aluvial hacia el este, está cubierta por los sedimentos eólicos llamados Loess. Estos sedimentos según su definición, se percibió que tienen gran similitud con el depósito definido por el Servicio Geológico Colombiano como de penillanura (Qp).

Lobo-Guerrero Uscategui, A. estuvo encargado de la ejecución del estudio Geológico Conceptual del Raudal de Trapichote (Vichada) y de los Embarcaderos de La Primavera (Vichada), La Hermosa (Casanare) y Santa Rosalía (Vichada), en 1986. En este estudio establecen que la cuenca de los llanos es asimétrica y se reduce el espesor de los sedimentos hacia el oriente, escudo de la Guyana, representado por el Granito de Parguaza. Así mismo, plantean la estratigrafía de la zona teniendo en cuenta las unidades que se presentan en el precámbrico, neógeno y cuaternario.

Los siguientes tres autores, González y Pinto, Galvis y Quintero junto con Bayona, hablan de la estratigrafía regional de la zona, los primeros dos específicamente de las unidades pertenecientes al Precámbrico en el departamento del Vichada y Bayona habla sobre las formaciones presentes en el Cenozoico.

González y Pinto (1989), hicieron el Análisis Petrográfico De Rocas Precámbricas Al Nororiente De La Comisaría Del Vichada en su tesis de grado



Libertad y Orden

**SERVICIO GEOLÓGICO
COLOMBIANO**

República de Colombia



de la Universidad Nacional en 1989. En esta definieron, de las rocas precámbricas, al granito de Parguaza, tipo Rapakivi. Igualmente identificaron las metaareniscas del Cerro del Carajo y los depósitos aluviales del cuaternario.

Los geólogos Galvis J. y Quintero C., INGEOMINAS (ahora Servicio Geológico Colombiano) presentaron en 1998 el Informe Preliminar de Comisión Sobre Aspectos de Muestreo, Geología, Geoquímica y la Génesis Mineral de la Zona Nororiental del Departamento del Vichada. En este informe plantean a la litología más antigua como el granito de textura Rapakivi, seguido principalmente por areniscas, conglomerados y limolitas. Luego de un gran hiato se presentan unas arenas eólicas del cuaternario, relacionadas con las épocas de sequía que se dieron en el Pleistoceno-Holoceno. Igualmente mencionan el potencial económico de la zona con depósitos de bauxita y sedimentos titaníferos.

Bayona et al. (2008), elaboraron el artículo “Estratigrafía y Procedencia de las Rocas del Mioceno en la parte distal de la cuenca antepaís de los Llanos de Colombia”. Este trabajo fue hecho con base en el pozo El Saltarín ubicado en el noroeste del Departamento del Vichada. Con líneas sísmicas, rípos de pozo y registros electrónicos, se analizaron las litofacies de las formaciones Carbonera, León y Guayabo. También plantearon una estratigrafía, donde a Carbonera y a Guayabo las subdividieron y basándose en la secuencia, describieron los diferentes ambientes de depositación.

Díaz Tamayo, J. F. se enfoca en su tesis Geología Regional Cuenca De Los Llanos Orientales en Mayo 2010, cubre los departamentos de Arauca, Casanare, Meta y Vichada. Definió el modelo estructural de la zona, teniendo en cuenta la tectónica de placas, su evolución geodinámica y la configuración de la cuenca de los llanos. De igual manera hizo el modelo estratigráfico analizando, a nivel general, los factores que afectan la distribución de una cuenca sedimentaria junto con la litoestratigrafía, la cual describe desde el



Libertad y Orden

**SERVICIO GEOLÓGICO
COLOMBIANO**

República de Colombia



basamento cristalino hasta el neógeno. Por último, plantea la Geología del Petróleo de la cuenca de los Llanos, donde define cual es la roca generadora, cómo es la migración, la roca almacenadora, la roca sello y las trampas.

Por último en la Memoria Explicativa hecha por el INGEOMINAS tratan igualmente la geología del departamento del Vichada, pero ya no es a nivel regional sino local. Ochoa A., et al., realizaron la Memoria Explicativa de las Planchas 159, 160, 161, 179, 180 y 181 Puerto Carreño, Vichada en el 2010. Determinaron que la geología regional presentaba unidades para el precámbrico, las metarenitas del Cerro del Carajo y para el cuaternario, los sedimentos no consolidados de Qcf (costras ferruginosas), Qp (depósitos de penillanura), Qll (depósitos aluviales), Qac (aluviales de cauce) y Qe (depósitos eólicos).



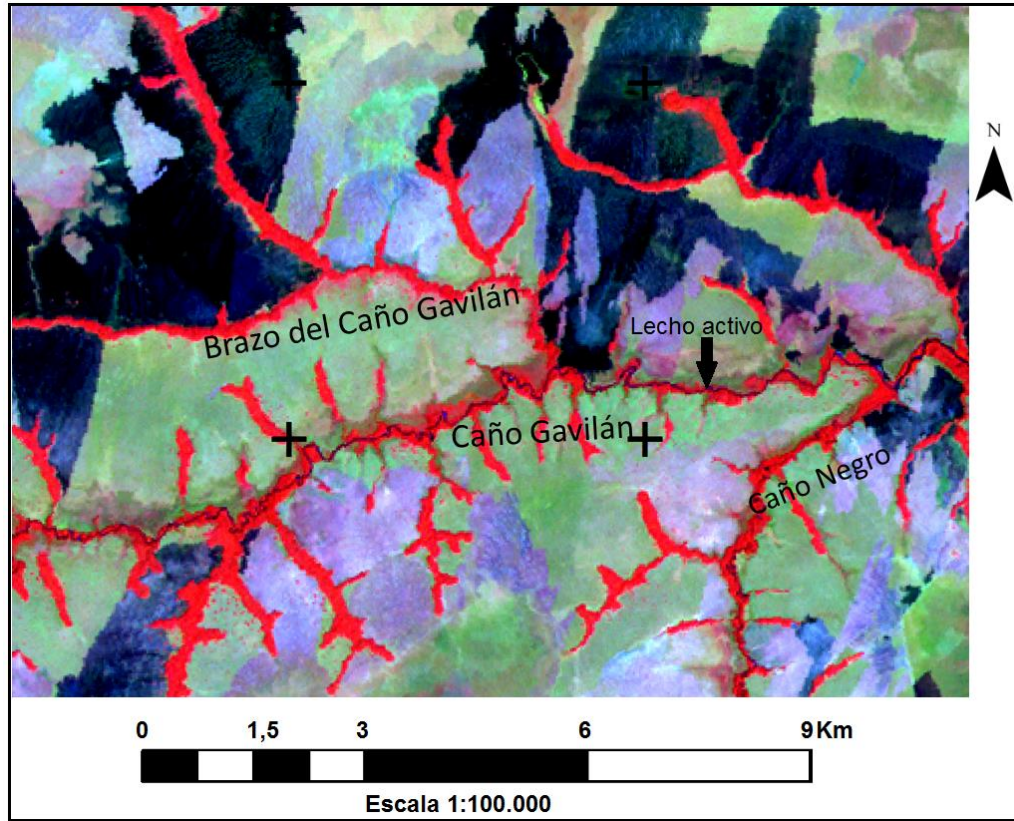
4. GEOMORFOLOGÍA

La finalidad de este capítulo es mostrar las geoformas, en las zonas aledañas a el área de estudio en el oriente Colombiano, que se presentan como resultado de los procesos activos recientes, entre los cuales se encuentran los agentes exógenos. Estos afectan al paisaje debido a las fluctuaciones en el clima, que desencadenan diferentes sucesos geomorfológicos dominados por eventos fluviales y de sequía (Servicio Geológico Colombiano, 2013). La manera en que la interpretación de estas geoformas proporcionó la identificación de los depósitos del cuaternario no consolidados encontrados en la plancha 216-I son descritos en seguida.

Las observaciones realizadas, de la imagen satelital en falso color (RGB 4,5,2) de la plancha 216, fueron soportadas en campo. A raíz de este proceso que, como ya fue mencionado, tiene en cuenta los patrones de drenaje, los grados de disección, los tonos, las texturas y los tipos de cobertura vegetal, facilitó la caracterización de dos unidades geomorfológicas, la Altillanura y las Planicies Aluviales.

Utilizando los contrastes que provee la imagen LANDSAT en falso color 4,5,2 se logró identificar la planicie aluvial del drenaje El Gavilán y los bosques de galerías, que por el contenido de vegetación se observa de color rojo. El lecho activo del mismo (línea azul dentro del rojo) y la altillanura (color verde aguamarina) (Figura 10). En la imagen se presentan otros colores como azul oscuro o negro que representan zonas de humedales, lagunas o quemas de pasto que se hacen en la zona. Además se observa unas tonalidades violáceas claras, que indican mayor contenido de arena identificadas por (Mendivelso, 2010).

Figura 10. Imagen LANDSAT, corresponde a un segmento de la Plancha 216 a escala 1:100.000



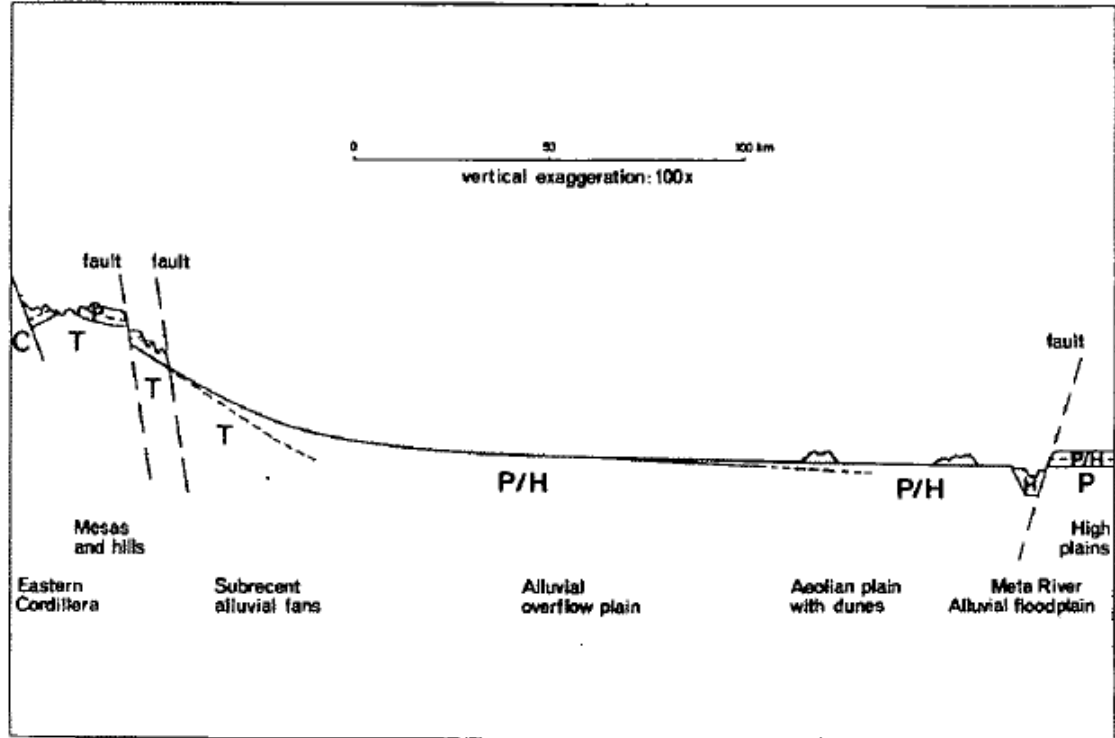
Fuente: Modificada de la Imagen LANDSAT de la plancha 216 suministrada por el Servicio Geológico Colombiano.

4.1 ALTILLANURA

La zona de la altillanura según Goosen, (1971) está ubicada al lado este del río Meta, separándolo de la planicie aluvial, del lado oeste del río, por medio de la falla por la cual fluye el Meta (Figura 11). Igualmente plantea Hubach (1954, en Gossen, 1971) que la altillanura se formó debido al hundimiento de la planicie aluvial del lado oeste, lo cual sucedió durante el Pleistoceno.

La altillanura cubre alrededor de la mitad de la zona de estudio, se encuentra ubicada en la divisoria de aguas y cortada por la red de drenaje tipo subdendrítico presente en toda el área. Debido a la exposición a la erosión del agua, se divide la altillanura en planicie no disectada y disectada (INGEOMINAS, 2009).

Figura 11. Ubicación de la Falla del río Meta, separando la altillanura de la planicie Aluvial



Fuente: Tomado y modificado de Gossen, 1971.

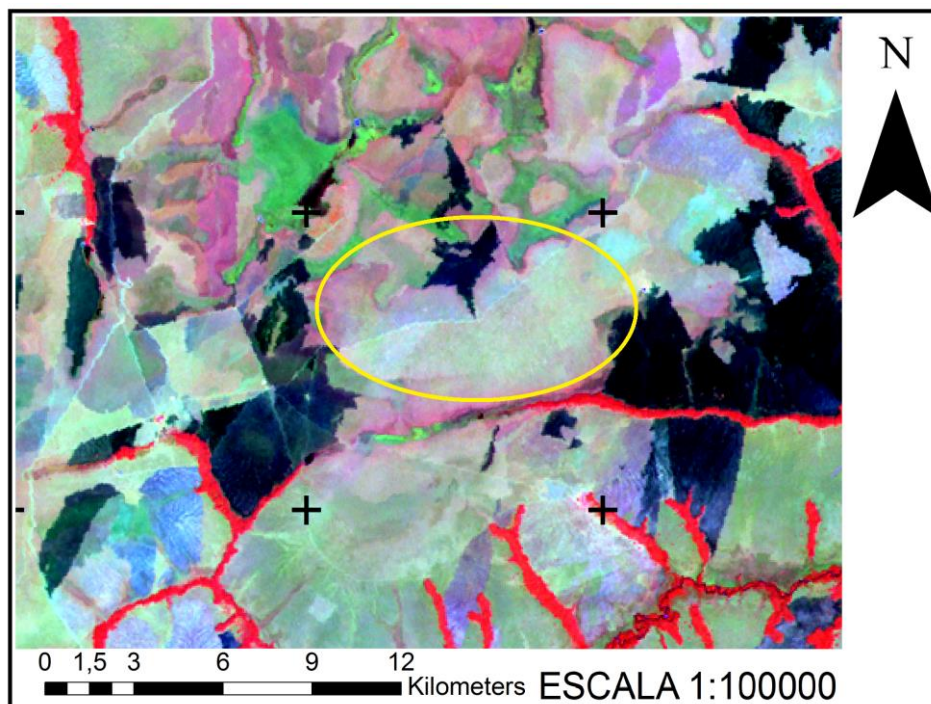
4.1.1 PLANICIE NO DISECTADA

Esta planicie se caracteriza por presentar un relieve continuo, plano, sin ondulaciones y está representado por las sabanas de gran extensión. La pendiente en estas planicies no pasa de los 3° (INGEOMINAS, 2009).

Esta geoforma es el producto de los ríos que drenaban hacia el este y desembocaban en el Orinoco antes de que sucediera el levantamiento del lado oriental del río Meta. Las nuevas redes de drenaje depositaron sobre esta planicie los sedimentos los cuales, junto con el clima extremo de la zona, formaron lo que hoy en día son los depósitos allí presentes. La constante lluvia en la época de invierno, sumada con el relieve plano, hace que se inunden las planicies no disectadas causando la depositación de sedimentos lodo-arenosos (INGEOMINAS, 2009).

Las planicies se pueden observar en diferentes zonas de la Figura 12 como se evidencia en el círculo amarillo, donde se muestra un área con las características anteriormente definidas. En la imagen LANDSAT trabajada se identifican estas planicies por su color verde-aguamarina de tonalidades claras, indicando el contenido de arena que como plantea Ormeño, (2006) se debe a que el cuarzo posee una alta reflectividad.

Figura 12. Planicie No Disectada



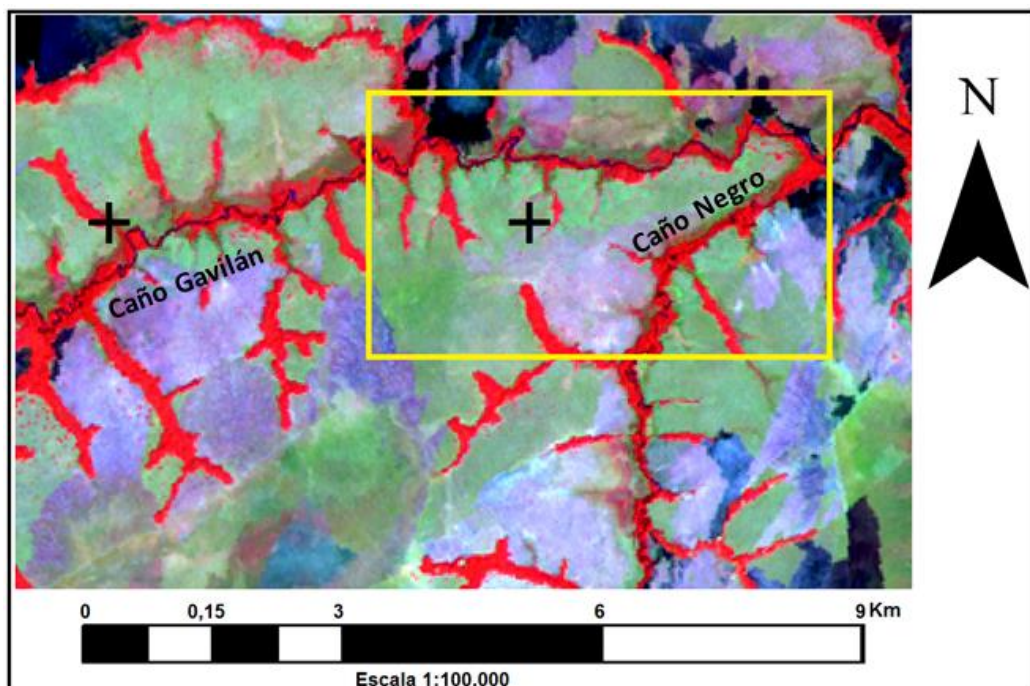
Fuente: Modificada de la Imagen LANDSAT de la plancha 216 suministrada por el Servicio Geológico Colombiano.

4.1.2 PLANICIE DISECTADA

En esta planicie se presentan ondulaciones causadas por los drenajes tipo dendrítico a subdendrítico, las cuales pueden llegar a tener hasta 10 m de altura y se evidencian en algunos sectores como colinas. La disección del terreno en la zona de estudio (Figura 13, recuadro amarillo), se observa en el interfluvio entre el caño Negro y el caño Gavilán.

Estas planicies tienen como parte de su composición las costras de hierro que se forman por procesos de lixiviación. Este alto contenido de hierro hace que el depósito sea muy duro y cuando la erosión lava los depósitos más blandos surgen las formas de colinas. A medida que aumenta la erosión varía la altura de las colinas, y puede llegar a formar valles en forma de U. Otra característica de estas planicies disectadas son las tonalidades rojizas que se originan como consecuencia del contenido de hierro (INGEOMINAS, 2009).

Figura 13. Planicie Disectada



Fuente: Modificada de la Imagen LANDSAT de la plancha 216 suministrada por el Servicio Geológico Colombiano.

4.2 PLANICIES ALUVIALES

Las planicies aluviales son depósitos de relieve plano, extensos, igualmente característicos de la sabana. Sufren gran influencia de los drenajes debido a que en la época de invierno estos depósitos son inundados y al ser tan planos el agua tiende a estancarse.

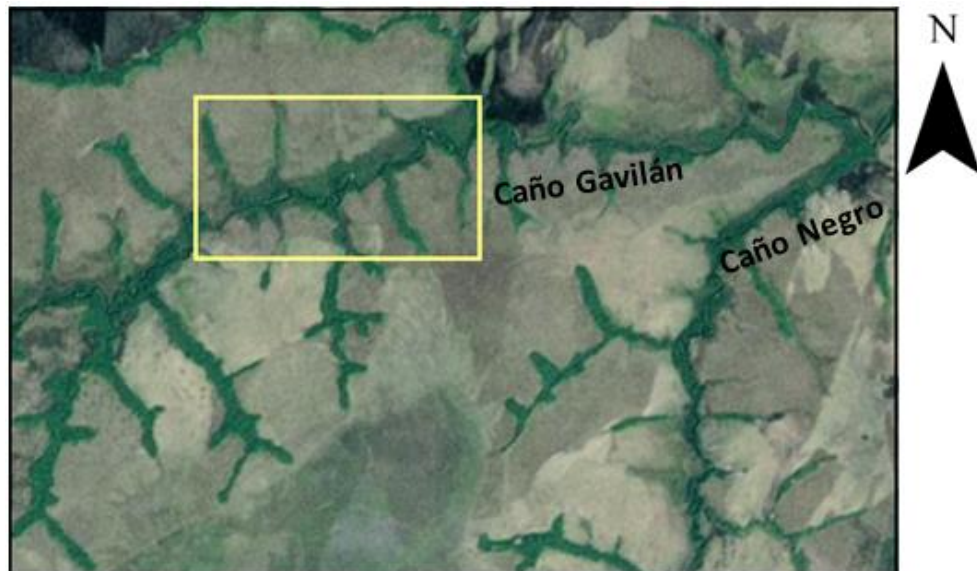
A partir de la definición de planicie aluvial y de sus características fisiográficas, se logra identificar la unidad geomorfológica que corresponden a depósitos recientes de Llanura de Inundación.

4.2.1 DEPÓSITOS DE LLANURA DE INUNDACIÓN

Los depósitos de llanura de inundación se forman cuando el río se desborda, lo cual sucede en época de invierno. La acumulación del depósito se da hacia los bordes del río, razón por la cual se caracteriza por presentar vegetación arbustiva, por ejemplo los chaparros de agua.

La composición de estos depósitos es de material no consolidado de tamaño fino hasta limo-arcilloso (Navas, 1991, en INGEOMINAS, 2009). La llanura se puede observar en la Figura 14 en el recuadro amarillo, donde se identifica por la coloración oscura y cercanía a los márgenes del caño El Gavilán.

Figura 14. Llanura de Inundación del caño Gavilán



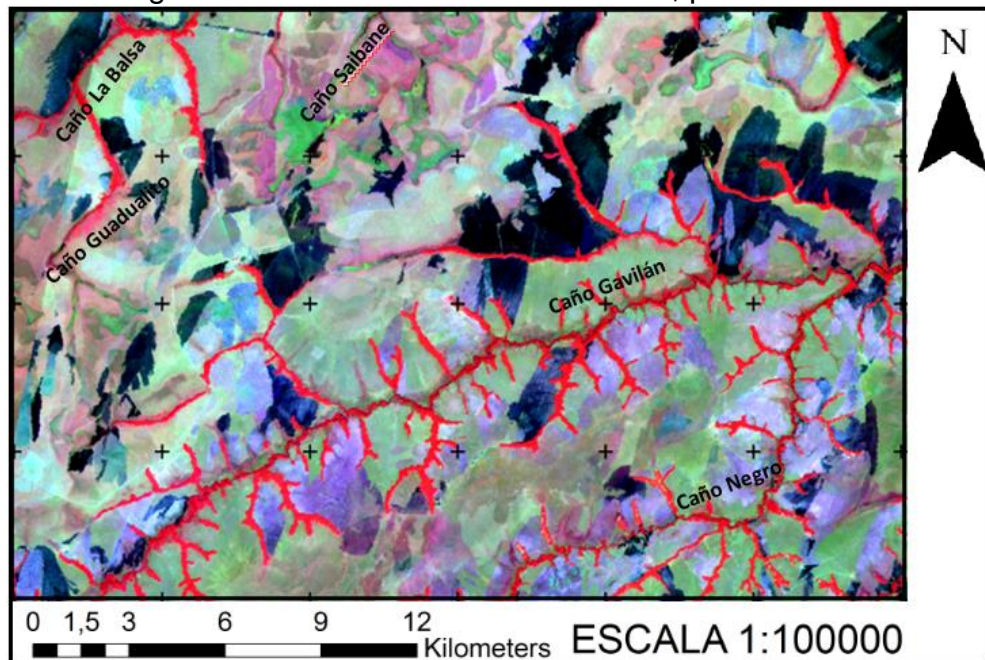
Fuente: Tomado y modificado de Google Earth.

4.3 GEOMORFOLOGIA FLUVIAL

En la zona de estudio se presenta la red de drenaje tipo dendrítico a subdendrítico con un cambio notable de densidad de noroeste al sureste, siendo el sureste, mucho más denso. Esto se debe a que hacia el sur están ubicados los drenajes de mayor envergadura como el caño El Gavilán, El Negro y el Boral. Entre ellos mismos tienden a ser subparalelos con una orientación noreste, que es muy clara al observar el mapa.

A grandes rasgos, la zona de estudio presenta una densidad de drenajes de media a alta, que se da principalmente en la unión entre el caño El Gavilán y el Caño Negro, donde se evidencia la planicie disectada. Hacia el norte los brazos de los otros drenajes, como el Guadualito, La Balsa y Saibane tienen igualmente una tendencia a ser subparalelos pero con una orientación casi N-S. Esto se puede observar en la Figura 15, imagen LANDSAT en falso color 4,5,2 donde los drenajes se ven de color rojo, como se mencionó anteriormente.

Figura 15. Imagen LANDSAT de la zona de estudio, plancha 216-I.



Fuente: Modificada de la Imagen LANDSAT de la plancha 216 suministrada por el Servicio Geológico Colombiano.



Libertad y Orden

**SERVICIO GEOLÓGICO
COLOMBIANO**

República de Colombia



Universidad
Industrial de
Santander



5. GEOLOGÍA REGIONAL

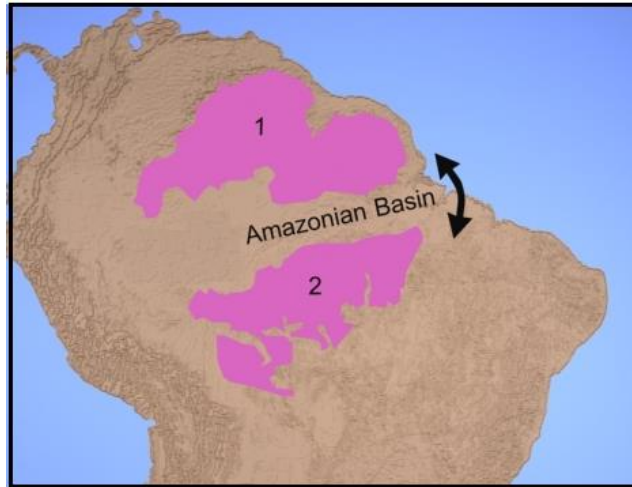
5.1 ESTRATIGRAFÍA

Los Llanos Orientales tienen una geología muy diferente a la del resto del país. Una de las razones principales es su ubicación cercana al cratón amazónico al nororiente del país, hacia el río Orinoco. Debido a esto, se encuentran rocas del Precámbrico, como el Granito de Parguaza, que se evidencia como montes isla o inselbergs. A éste le siguen unos depósitos sedimentarios muy parecidos a los de la Formación Piriparana con edad Proterozoico Tardío y un gran hiato que está estimado, va hasta el cuaternario (Galvis & Quintero, 1998). En el cuaternario se presentan los depósitos de la planicie aluvial del Río Meta.

5.1.1 PRECÁMBRICO

Las rocas del precámbrico se aprecian al oriente del país en los límites con Venezuela, en el Escudo de la Guyana. El escudo Guyanés es la extensión de la plataforma amazónica hacia el norte de Suramérica (Gibbs & Barron, 1983). Según Tassinari & Macambira, (1999) el Cratón Amazónico cubre un área aproximadamente de 4.3×10^5 Km² y está compuesto por dos escudos precámbricos, el escudo Guyanés y el Guaporé, que se encuentran separados por la cuenca sedimentaria Paleozoica Amazónica, como se evidencia en la Figura 16 y en el recuadro pequeño inferior de la Figura 17.

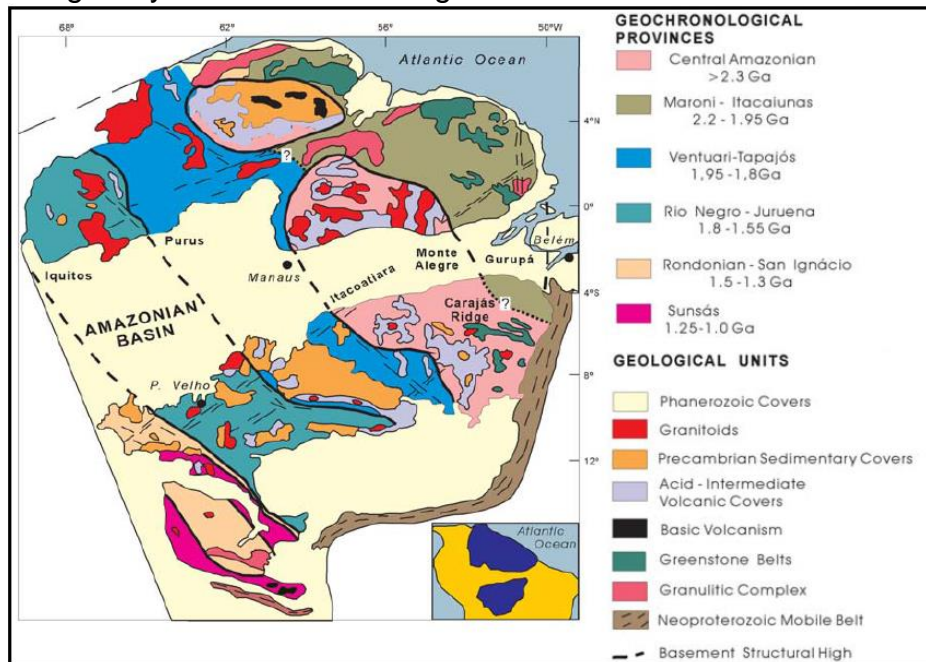
Figura 16. Mapa donde se observan los escudos de Guyana y Guaporé se parado por la cuenca amazónica



Fuente: Tomado de la página web: new geology

El Cratón Amazónico se divide en 6 grandes provincias geocronológicas, de estas 6, hay 3 que se hallan en los Llanos, la Amazonica Central (> 2.3 Ga), Venturi-Tapajós (1.95-1.8 Ga) y Río Negro-Juruena (1.8-1.55 Ga). En esta última provincia se encuentran las rocas que hacen parte del basamento en los Llanos Orientales Colombianos, las cuales según Tassinari & Macambira, (1999), se formaron en el Paleo-Mesoproterozoico (Figura 17).

Figura 17. Mapa donde se muestra la distribución de las provincias geocronológicas y la asociación litológica del Cratón Amazónico



Fuente: Tomado de Tassinari & Macambira, (1999).

5.1.1.1 GRANITO DE PARGUAZA

El Granito de Parguaza es considerado como uno de los batolitos graníticos más grandes del mundo de tipo rapakivi y aflora en el extremo oriental del país en límites con Venezuela, en el margen oeste del río Orinoco. Según el INGEOMINAS, (2009), los afloramientos del granito se presentan como domos aislados con pendientes abruptas y alturas que oscilan entre los 5-200m, denominados como cerros islas "Inselbergs", definidas por Lobo-Guerrero, (1986) como colinas que sobresalen el paisaje peneplanizado, las cuales se pueden observar en la Figura 18. Estos cerros se distribuyen a lo largo de las márgenes del río Orinoco y son fácilmente identificables tanto por el contraste evidente con el relieve plano de los llanos, como por el hecho de que carecen de vegetación. Otra razón se debe a que el granito de Parguaza es tipo rapakivi, (González y Pinto, 1989), que lo hace igualmente fácil de reconocer, por su aspecto característico (Figura 19).

Figura 18. Panorámica del Granito de Parguaza en el Departamento del Vichada.



Fuente: Tomada de la Memoria Explicativa de las Planchas 201 BIS, 201, 200 Y 199, Departamento de Vichada, Servicio Geológico Colombiano, 2013.

El término “Rapakivi” fue utilizado por primera vez en los estudios finlandeses de granitos, donde Urdan Hjarne (1962, en González y Pinto, 1990), definió que el término significaba “piedra podrida”, para describir una roca que se desintegra o meteoriza fácilmente. A raíz de esto, el término ha sido usado para descripciones petrográficas de los granitoides con alto contenido de feldespato potásico. En este caso se dice rapakivi refiriéndose a cristales redondeados de feldespato potásico, en una matriz usualmente compuesta por cuarzo, plagioclasa y minerales accesorios (González y Pinto, 1990).

Según Galvis y Quintero (1998), quienes realizaron un muestreo geoquímico en el sector de Puerto Carreño, San Rafael y Casuarito, encontraron al granito de textura rapakivi, anteriormente descrito, con cristales con forma ovoide, tamaño de centímetros, con color variado, entre beige a varias tonalidades de rosado, con un brillo nacarado.

Figura 19. Detalle de la textura Rapakivi, evidencia de los fenocristales de feldespatos zonados con minerales máficos dentro de ellos.



Fuente: Tomada de la Memoria Explicativa de las Planchas 162, 162 Bis, 182 Y 182 Bis Puerto Carreño, Vichada. INGEOMINAS, 2009.

Según Galvis y Quintero, (1998) el Granito pertenece al Proterozoico, lo cual concuerda con otros autores, incluyendo a Gaudette *et al.* (1978, en INGEOMINAS, 2009) quienes le confieren una edad de 1531 ± 39 M.a. Esta edad la derivan de muestras obtenidas en Venezuela, en el área de Puerto Ayacucho, ubicando al granito en el Evento Parguenze (1400-1600 M.a).

El Servicio Geológico Colombiano realizó el análisis de edades a 10 muestras pertenecientes a los cuerpos graníticos localizado al nororiente del departamento del Vichada, implementando el método *Ar/Ar, step heating* en biotita y hornblenda, realizados en el Laboratorio de Gases Nobles del Centro del Pacífico para investigación Isotópica y Geoquímica de la Universidad de Columbia Británica en Vancouver, Canadá. Estos permiten sugerir que el Granito de Parguaza aflorante exhibe edades mucho más jóvenes que podrían estar relacionadas con la Provincia Geocronológica de Rodonian – San Ignacio



Libertad y Orden

**SERVICIO GEOLÓGICO
COLOMBIANO**

República de Colombia



(RSIP) con una edad entre 1.55 y 1.3 G.a. y Sunsás (SP) entre 1.3 y 1.0 G.a, que corresponderían a las provincias más jóvenes del Cratón Amazónico (Servicio Geológico Colombiano, 2013).

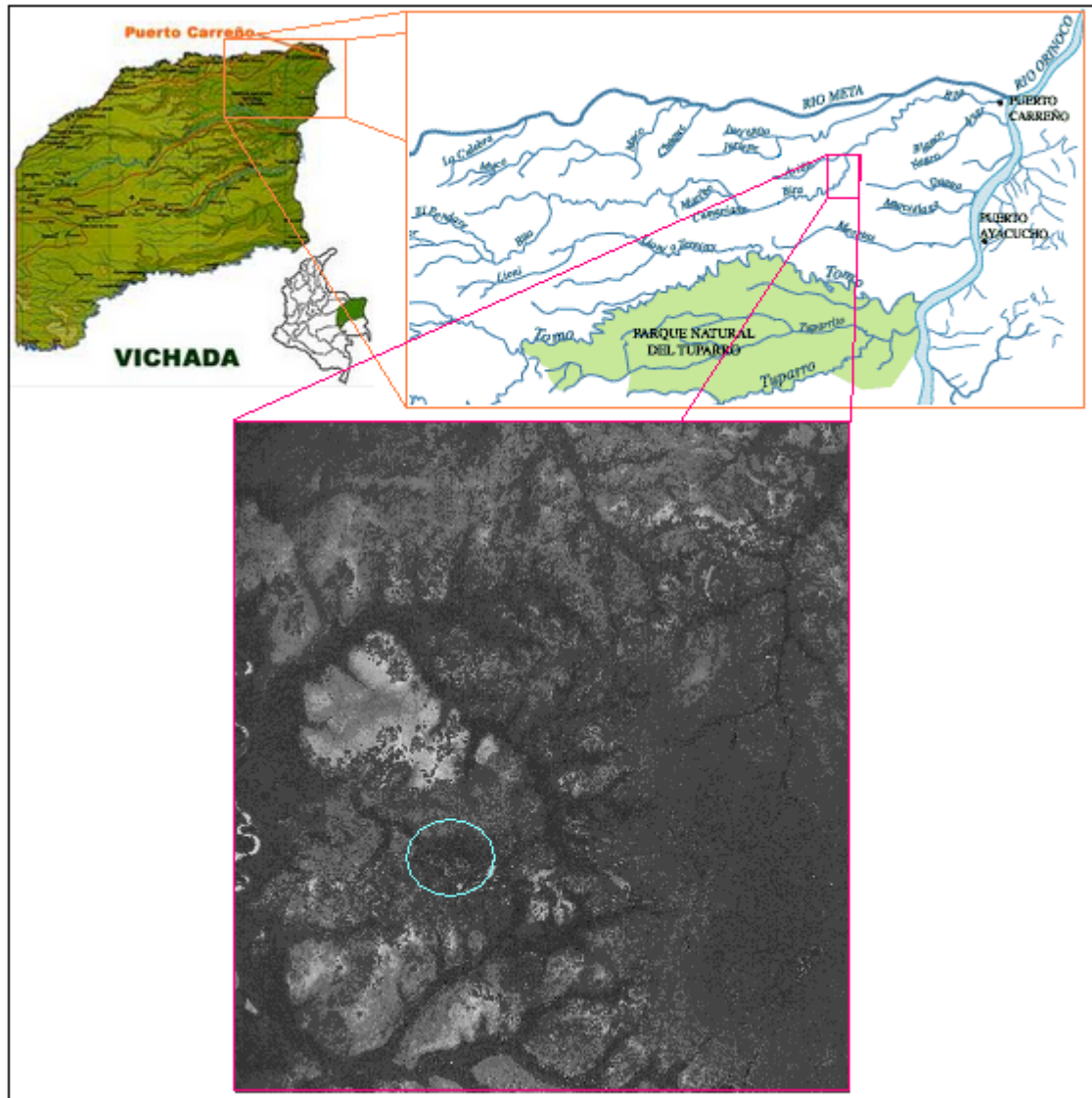
Según el INGEOMINAS, (2009), el Granito de Parguaza se encuentra atravesado por diques de granito de grano medio a grueso, compuesto principalmente por cuarzo y feldespato y granitos aplíticos. También se encuentran dos tipos de pegmatita: una con cristales de cuarzo, feldespato potásico y biotita, como mayor componente máfico y otra pegmatita de cuarzo en avanzado estado de alteración.

También se observa de manera general un decrecimiento de tamaño de fenocristales desde el norte hacia el sur, localizándose el granito de grano más grueso en la localidad de Puerto Carreño y el de más fino hacia el sector de Casuarito (Buenaventura y Rosas, 1988 en INGEOMINAS, 2010).

5.1.1.2 CERRO EL CARAJO

El Cerro el Carajo fue definido por González & Pinto, (1989) y De la Espriella, (1992), como metareniscas que se encuentran aflorando en el margen derecho del río Bitá en dirección suroriente a manera de un cerro aislado (Figura 20). El sector donde se encuentra el cerro El Carajo está caracterizado por presentar una morfología colinada con laderas y pendientes altas que sobresalen sobre las geoformas que lo rodean y presenta una altura no mayor a 70m (sector Norte). Otra de sus características es la abundante cobertura vegetal, representada por arbustos y árboles de varios metros de altura (INGEOMINAS, 2010), como se evidencia en la Figura 21, una panorámica donde se aprecia a lo lejos el Cerro.

Figura 20. Ubicación del Cerro el Carajo



Fuente: Tomado y modificado de las páginas web etnollano y Vichada, Colombia, junto con la imagen RADARSAT.

Figura 21. Panorámica del Cerro El Carajo



Fuente: Tomada de la Memoria Explicativa de las Planchas 159, 160, 161, 179, 180 Y 181 Puerto Carreño, Vichada. INGEOMINAS. 2010.

Igualmente, De la Espriella, (1992) describe al Cerro como un monoclinal con diaclasamiento vertical en sentido $N50^{\circ}-70^{\circ}E$, lo cual le provee una presencia de apilamiento. De igual manera, menciona que todavía no se tiene conocimiento sobre su espesor.

Este cerro presenta una secuencia de metareniscas de cuarzo, de color rojizo y grisáceo, con una laminación subparalela y cruzada, bien litificada (De La Espriella, 1992). Tiene cemento ferruginoso con andalucita, especialmente en las fracturas. Debido a la presencia de andalucita, se plantea para el cerro el Carajo un metamorfismo de bajo presión. También contiene clastos de cuarcita y minerales opacos generalmente limonita (González & Pinto, 1990). Así mismo, la presencia de los clastos de cuarcita indica una posible fuente sedimentaria, razón por la cual no se relaciona con el Granito de Parguaza.

El cerro el Carajo exhibe un tamaño de grano que varía desde arenas finas hasta gruesas, cubiertas por una pátina de color negro generada posiblemente por agentes meteóricos. A este cerro no se le han hecho dataciones todavía para conferirle una edad.



Libertad y Orden

**SERVICIO GEOLÓGICO
COLOMBIANO**

República de Colombia



5.1.2 CENOZOICO

En el departamento del Vichada los depósitos del Cenozoico no son evidentes, y sus afloramientos no son fáciles de encontrar. Por esta razón son de los depósitos menos estudiados de la zona, en comparación con los otros que se presentan. Sin embargo, hay ciertos autores como Navas (1991, en INGEOMINAS 2010), Galvis (1998) y De la Espriella (1990), que los referencian entre los periodos Paleógeno y Neógeno.

5.1.2.1 PALEÓGENO-NEÓGENO

Según el INGEOMINAS, (2009), y otros autores como De la Espriella (1990) y Gómez, (2009), los sedimentos de este periodo están representados por una secuencia sedimentaria heterogénea de origen continental con sistemas de depositación de origen fluvial. También plantean que son sedimentos no diferenciados y poco consolidados de penillanura, los cuales muestran mayor espesor y complejidad hacia el occidente mientras que al oriente son más delgados. A grandes rasgos, estos depósitos están compuestos de arenas, limos y arcillas.

A estos depósitos le definen diferentes autores ciertas formaciones, las cuales serán descritas en seguida.

Según Lobo-Guerrero (1986), en el Mioceno Superior al Plioceno se presenta la Formación Guayabo y en el Pleistoceno, la Formación Serranía. La Formación Guayabo consta de arenas medias a gruesas, localmente conglomeráticas, con presencia de arcillas y limolitas. La Formación Serranía está compuesta por arcillas rojas, abigarradas con delgadas intercalaciones de areniscas ferruginosas y conglomerados.

En la perforación del pozo Saltarín, realizado en el departamento del Vichada por la empresa HOCOL S.A., se determinaron las formaciones Carbonera, León y Guayabo pertenecientes al Oligoceno y Neógeno propuestas por Notestein (1944 en Bayona, 2008). A nivel general, se describe que la



Libertad y Orden

**SERVICIO GEOLÓGICO
COLOMBIANO**

República de Colombia



Universidad
Industrial de
Santander



Formación Carbonera está compuesta por areniscas fluvio-deltáicas y lodolitas. La Formación León como una fácilmente identificable en los registros, en los rípos y en la sísmica. Esto debido a que con respecto a las otras dos, tiene un menor contenido de areniscas. Por último Bayona, (2008) expone para la Formación Guayabo que pasa de facies deltáicas a fluviales, representado por el cambio de intercalaciones lodosas con materia orgánica, a areniscas lodosas, a paquetes más gruesos de areniscas con mayor contenido de cuarzo.

Las formaciones de los depósitos del Paleógeno-Neógeno, descritas por los autores anteriormente mencionados, no se han podido correlacionar en el trabajo hecho por el Servicio Geológico Colombiano con los sedimentos encontrados en el departamento del Vichada. Esto se debe a la falta de exposición y de afloramientos de esta unidad además, de la carencia de información sobre pozos estratigráficos y líneas sísmicas que podrían facilitar su identificación. Razón por la cual se tiene poco conocimiento sobre el Paleógeno-Neógeno en la zona de estudio, aparte de la columna descrita a continuación.

Sin embargo el INGEOMINAS, (2009) realizó el levantamiento de una columna estratigráfica, en la margen derecha aguas arriba del río Bitá 1.177.675N y 1.044.028E, de los depósitos del Paleógeno-Neógeno, con un espesor de 11m compuesta por tres segmentos. Para el primer segmento describieron una capa de lodolitas de 1m de espesor, una capa de arcillolitas de 0,9m de espesor con tonalidades rojizas producto de la presencia de óxidos de hierro. En el segundo segmento se presenta una intercalación de areniscas finas a medias, con arcillolitas grisáceas a pardo amarillentas, tabulares con un espesor de 1,65m. Hacia el tope se observa una capa de arenisca muy fina de color pardo amarillento (Figura 22). En el tercer y último segmento, se encuentran lodolitas con tonalidades abigarradas, ocres a pardo amarillentas, tope de la columna se observa una capa de arcillolitas violáceas de 2,5m de espesor seguida de una capa de areniscas de grano medio.

Figura 22. Niveles del segundo segmento, donde se muestra el detalle de la arenisca grano creciente; columna del río Bitá



Fuente: memoria explicativa de las planchas 162, 162 bis, 182 y 182 Bis Puerto Carreño, Vichada. Ingeominas. 2010.

5.1.2.2 CUATERNARIO

Los depósitos más recientes se encuentran entre el Pleistoceno y el Holoceno y corresponden, de manera general, a los depósitos eólicos y de la planicie aluvial del río Meta (Lobo-Guerrero, 1986), compuestos por limos, arcillas y arenas), los cuales están en cercanía con el basamento (González & Pinto, 1989). Es importante aclarar que estos sedimentos son superficiales no consolidados, de espesores sin determinar formados por procesos de meteorización posiblemente de rocas antiguas Precámbricas y pertenecientes al Paleógeno-Neógeno (INGEOMINAS, 2010).

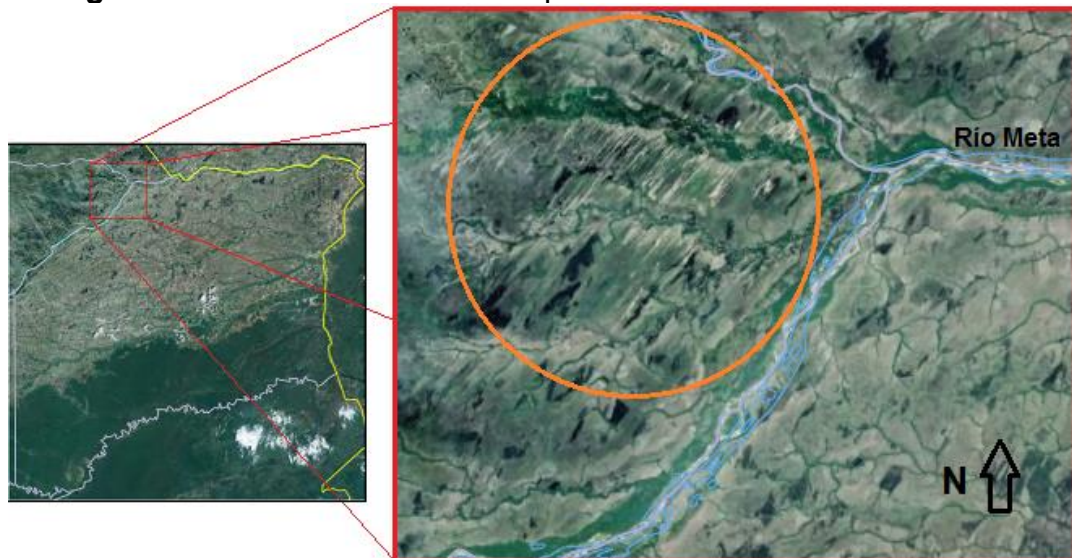
- **Depósitos Eólicos (Qe)**

Estos depósitos están asociados a los procesos eólicos que actuaron aproximadamente desde hace 18Ka hasta 12ka. Estos depósitos presentan una dirección predominante y formas alargadas (Servicio Geológico Colombiano, 2013).

Según Anderson et al., (2007 en Servicio Geológico, 2013), indican que el área de los Llanos del Río Orinoco se encuentran dunas parcialmente fosilizadas por depósitos aluviales pertenecientes al Holoceno y se extienden hasta latitudes de $5^{\circ}20'N$ y en el Río Tomo a una latitud de $4^{\circ}58'$ y $69^{\circ}38'E$.

Los depósitos eólicos no son consolidados y se exhiben con forma de dunas, como las que se presentan en Venezuela, hacia el sector occidental del Vichada y en los departamentos del Casanare y Arauca, como se puede observar en la Figura 23 en el círculo naranja. Estos depósitos están compuestos por arenas de grano fino a medio de cuarzo, de color amarillo, bien sorteadas, los granos son subredondeados a redondeados de esfericidad alta y sin matriz (Servicio Geológico, 2013).

Figura 23. Dunas Eólicas en el departamento de Arauca



Fuente: Tomada y modificada de Google Earth.

- **Depósitos de Penillanura Eólica (Qpe)**

Los depósitos de Penillanura Eólica se caracterizan por haber sido depósitos eólicos que con el tiempo y a partir de los procesos de erosión y

posterior sedimentación en el Holoceno (12A.P), fueron perdiendo su relieve típico de dunas (Servicio Geológico Colombiano, 2013).

Estos depósitos poseen una matriz lodosa, debido a la mezcla con nuevos sedimentos. Además en la zona de estudio estos depósitos no conservan la forma alargada heredada de las dunas, por lo cual la característica que permite su identificación en las imágenes satelitales son sus tonalidades claras, como se observa en la Figura 24, dentro del cuadrado rojo.

Figura 24. Identificación de los depósitos Qpe por sus tonalidades claras, en la parte oriental del Departamento del Vichada



Fuente: Tomada de Memoria Explicativa de la Cartografía Geologica y Muestreo Geoquimico de las planchas 201 Bis, 201, 200 Y 199 departamento de Vichada.

Los depósitos de penillanura eólica son no consolidados de arenas amarillas, de cuarzo de grano fino a medio, bien sorteada de granos subredondeados a redondeados, de esfericidad alta predominantemente y en menor porcentaje granos subredondeados de esfericidad baja, con matriz lodosa en un 5% a 10%. Composicionalmente constan de cuarzos hialinos, cuarzos lechosos y líticos rojos, (Servicio Geológico Colombiano, 2013).



Libertad y Orden

**SERVICIO GEOLÓGICO
COLOMBIANO**

República de Colombia



Universidad
Industrial de
Santander



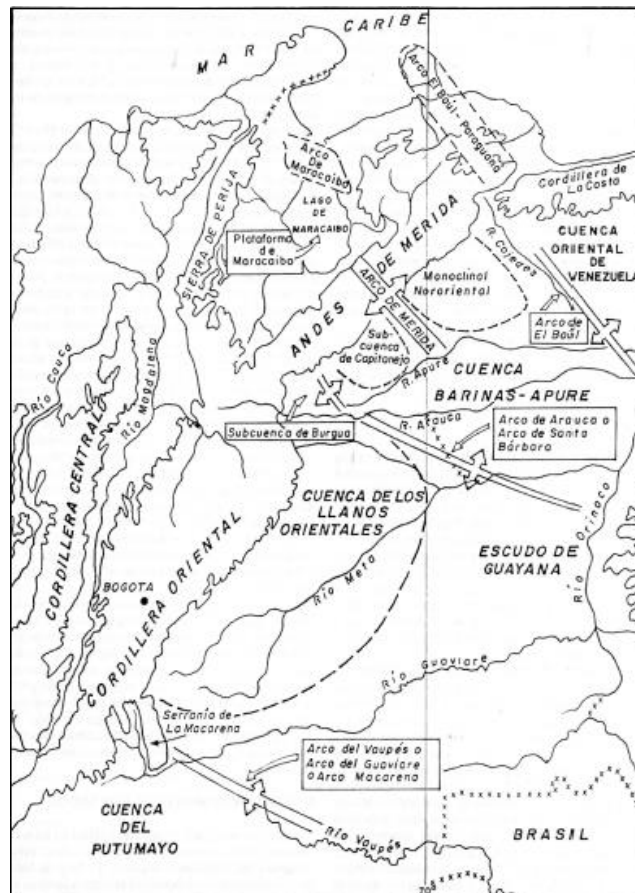
5.2 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

En la geología estructural de la cuenca de los Llanos Orientales se encuentran principalmente dos dominios: el Piedemonte y los Llanos (Gómez, 2009). El dominio del Piedemonte es uno de los más complicados en el país y el dominio de los Llanos, el más estable hacia el este, debido a la presencia del Cratón. Igualmente Graterol (2009), propone dos sistemas estructurales: uno corresponde a un sistema antiguo de tectónica de bloques de basamento cristalino y el otro se relaciona con una tectónica de cabalgamientos desarrollados primordialmente durante el Cenozoico.

A nivel regional la zona de estudio se encuentra ubicada, según Ujueta, (1993) en la cuenca de los Llanos Orientales, la cual hoy en día tiene gran relevancia en la exploración de hidrocarburos a nivel nacional. La cuenca esta limitada, por la Cuenca de Barinas al Norte (República Bolivariana de Venezuela), La Serranía de La Macarena y el Arco del Vaupés al Sur, el sistema de fallas de Guaicáramo al Oeste y el Escudo de Guyana al Este (Figura 25).

Además Ujueta (1993), propone que las cuencas subandinas de Venezuela y Colombia están delimitadas por características estructurales aproximadamente perpendiculares al tren general de la Cordillera Andina, a las cuales se les ha dado el nombre de “Arcos”, y cuyo término se debe entender en el sentido de Dennis (1967:4 en Ujueta, 1993), el cual lo define como “una estructura anticlinal elongada, abierta, amplia, establecida en cualquier familia de superficies geológicas”, aplicada comúnmente a estructuras de basamento, junto con las rocas que las cubren y en las cuales además, se infieren movimientos verticales. El reconocimiento de estas estructuras se ha realizado a través de medios geofísicos y estratigráficos utilizados para la prospección del petróleo.

Figura 25. Mapa de los límites de la cuenca de los llanos orientales.



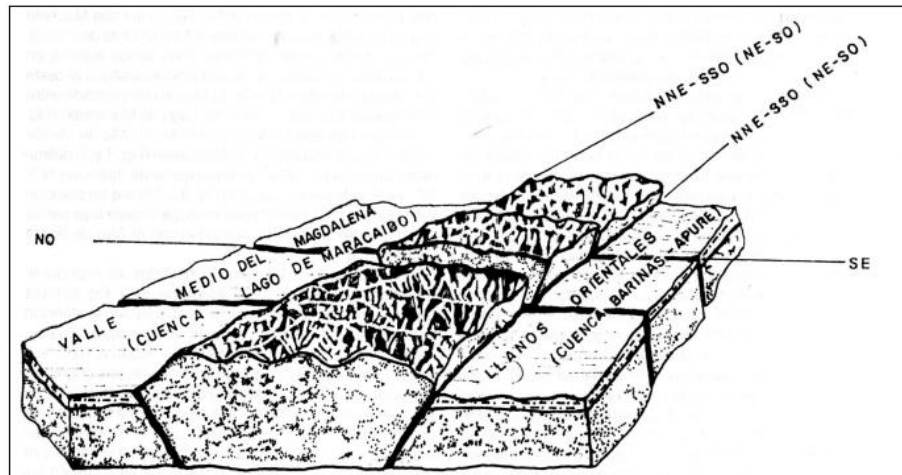
Fuente: Tomado de Russomano & Velarde (1982 en Ujueta, 1993 – Fig. 1y 8) y Graf (1972 en Ujueta 1993 – Fig. 7).

Según Ujueta (1993), se han reconocido varias características estructurales en la Cuenca de los Llanos Orientales y en la Cuenca Barinas-Apure, aproximadamente perpendiculares a la dirección general de la Cordillera Oriental de Colombia y a los Andes de Venezuela respectivamente.

Por otro lado, varios autores concuerdan en que existe en los llanos orientales un sistema de fracturas profundas de dirección NW-SE, reactivadas en diversas épocas y con expresión en superficie como lineamientos, de los cuales se han reconocido 11 en la Cordillera Oriental de Colombia, en el sector Girardot-Cúcuta y cuatro en los Andes de Mérida (Ujueta, 1993; Gonzalez & Pinto, 1989) (Figura 26).

dirección NW-SE desplazados verticalmente unos con respecto a otros, que representan las mismas diferencias en la historia (Figura 27).

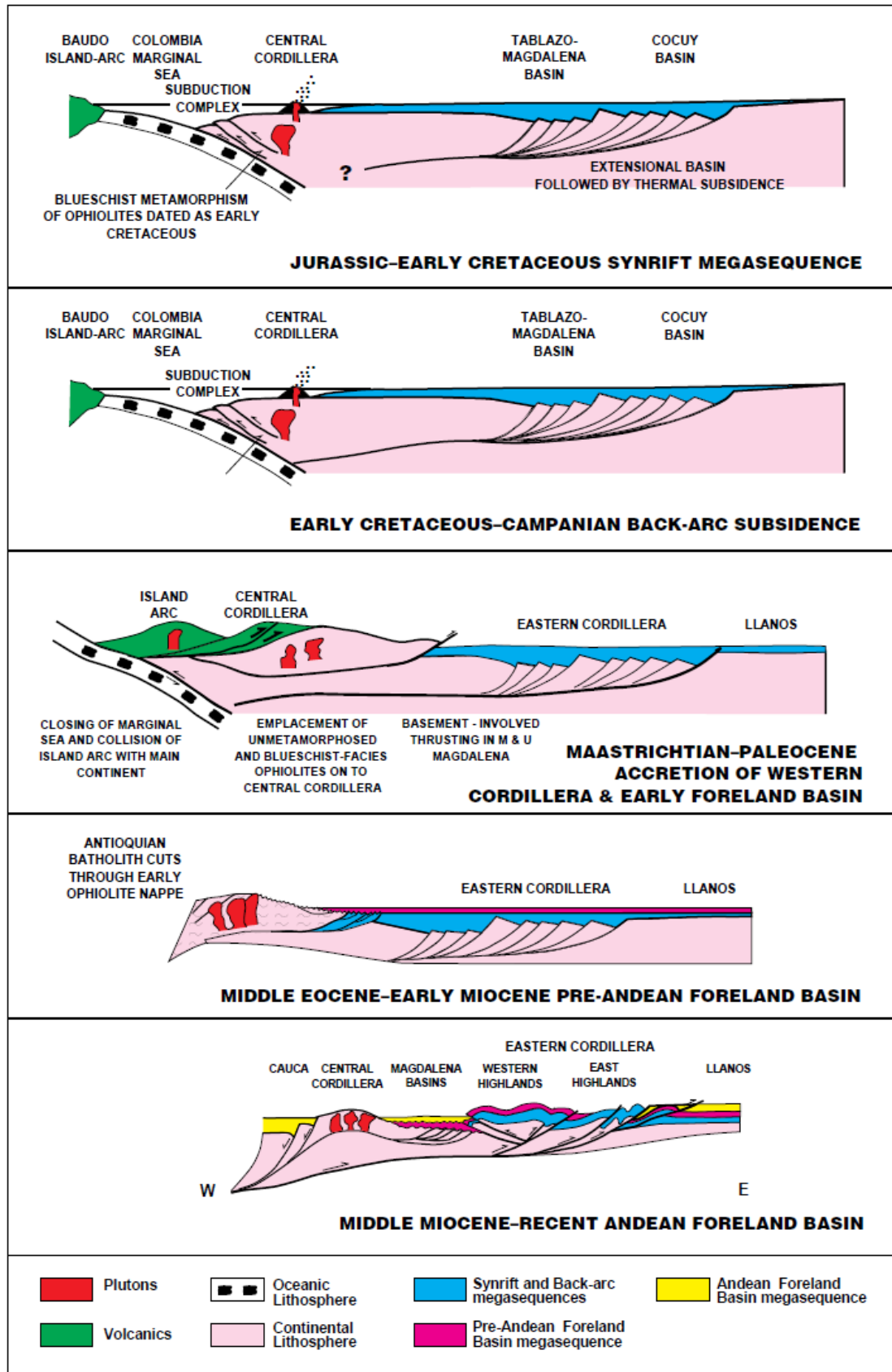
Figura 27. Bloques determinados por lineamientos (fallas profundas) de dirección NO - SE Y NNE - SSO 0 NE - SO.



Fuente: Tomado de Ujueta, (1993).

Otro aspecto importante de la cuenca de los Llanos Orientales es el que plantea Cooper et al. (1995), diciendo que pertenece a la megasecuencia de la cuenca Andina tipo foreland, la evolución de esta cuenca, que comenzó siendo conformada por la cuenca del Valle Medio del Magdalena, la cordillera Oriental y la cuenca de los Llanos Orientales, se puede observar en la Figura 28.

Figura 28. Evolución de la cuenca Andina tipo Foreland



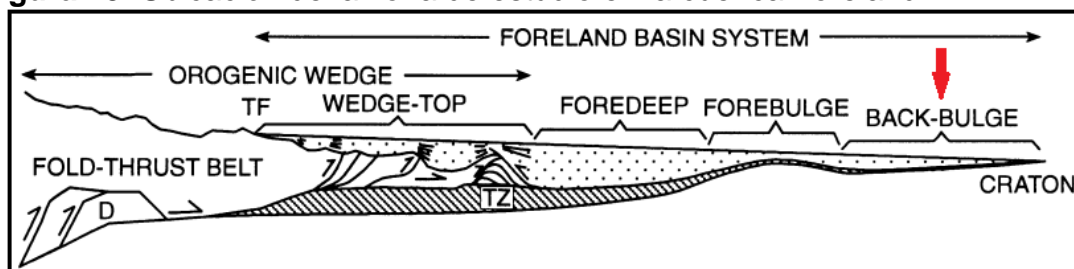
Fuente: Tomada de Cooper et al., (1995).

Además Cooper et al. (1995), habla de que esta cuenca está compuesta de depósitos aluviales, de costa y de estuarios, concordante con los depósitos aluviales encontrados en la zona. De igual manera dice que la cuenca de los Llanos sufrió una serie de ciclos correspondientes a cambios en el nivel del mar, aporte de sedimentos y la sobrecarga en la cuenca foreland.

A mediados del Mioceno, el aumento global del nivel del mar coincidió con el primer levantamiento y deformación de la Cordillera Oriental. Este evento generó la separación de la cuenca del Valle Medio de Magdalena junto con la de los Llanos, y así se creó el espacio de acomodación para la cuenca foreland, donde se depositó la Formación León (Notestein et al., 1994, en Cooper et al. 1995).

Teniendo en cuenta que la cuenca de los Llanos se encuentra ubicada en una cuenca tipo foreland, se podría ubicar la zona de estudio en el backbulge de la cuenca, como se puede observar ubicada con la flecha roja en la Figura 29.

Figura 29. Ubicación de la zona de estudio en la cuenca Foreland



Fuente: Tomado y modificado de DeCelles y Giles, (1996).

5.3 GEOLOGÍA HISTÓRICA

El departamento del Vichada se encuentra al este del país, ubicándolo en dos dominios geológicos, como se mencionó con anterioridad, que son el Escudo Guyanés y las sabanas de los Llanos Orientales. Sobre la evolución de esta área hay varios modelos propuestos por diferentes autores, de los cuales lo más relevantes se describen a continuación.

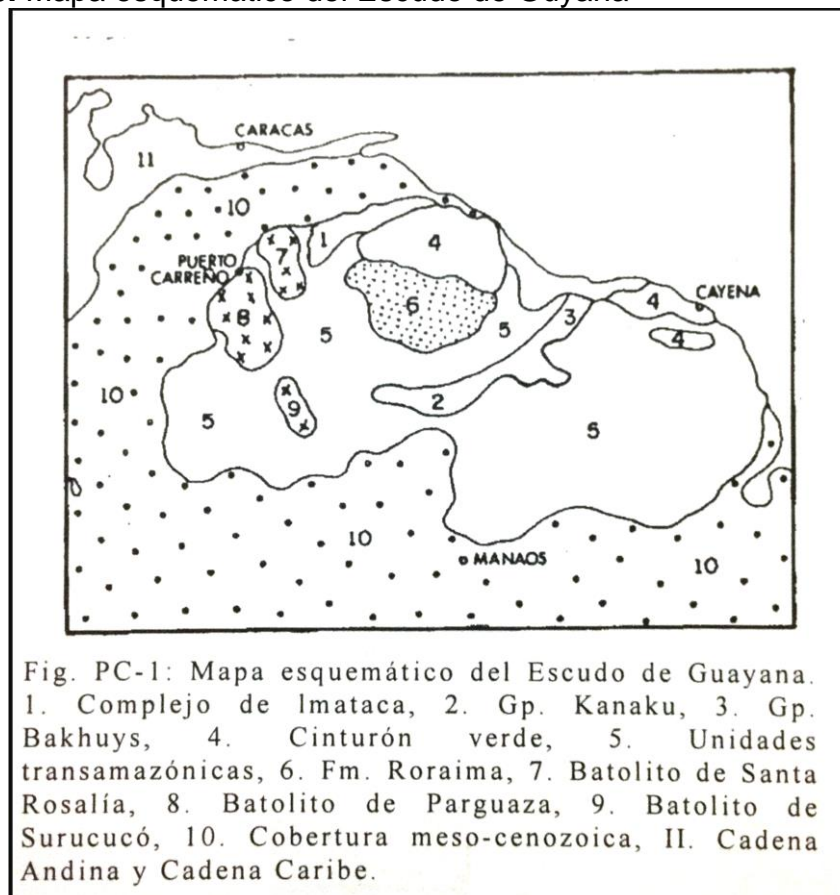


5.3.1 EVOLUCIÓN DEL CRATÓN AMAZÓNICO

El Cratón Amazónico es uno de los cratones más grandes del mundo y según Toussaint, (1993) durante el Arcaico se generaron un cierto número de pequeños bloques que luego se fueron aglomerando por colisión para formar continentes de mayor tamaño. Los cinturones proterozoicos se habrían producido durante estos choques de placas arcaicas. Para Cordani *et al.* (1988), aproximadamente el 45% de la corteza del denominado Escudo de Guyana ya había sido formado al final del Arcaico. Toussaint, (1993) plantea que estos sucesos de aglomerado ocurrieron en el evento Aroensis (1750 y 2600 m.a.). Además dice que en Colombia no se ha reconocido unidades litológicas del Arcaico, de hecho las más antiguas son del evento Transamazónico (2200 y 1800 m.a.).

Las unidades más antiguas del Escudo pertenecen al Complejo Imataca de Venezuela y a los Grupos Kanuku, Fallauratra y Bakhuys de las Guyanas, de Surinam y Brasil, como se puede observar en la Figura 30. Estos complejos son granulíticos asociados a cuarzitas con bandas de hematita y magnetita que forman grandes depósitos de hierro, (Toussaint, 1993).

Figura 30. Mapa esquemático del Escudo de Guyana



Fuente: Tomado de Toussaint Fig. PC-1, (1993).

Por otro lado Tassinari & Macambira (1999), proponen que el Cratón Amazónico se forma por las provincias: Amazónica Central (>2,3G.a.), Maroni-Itacaíunas (2,2G.a-1,95G.a), Ventúria-Tapajos (1,95G.a-1,8G.a), Río Negro-Juruena (1,8G.a - 1,55G.a), Rodonia-San Ignacio (1,5G.a-1,3G.a) y Sunsan (1,3G.a- 1,0G.a). Según Toussaint, (1993), el evento tectonometamórfico detectado en Colombia es el transamazónico, datado en 2200 y 1800 m.a., lo cual coincide dentro de las provincias Maroni-Itacuáunas y Ventúria-Tapajos. Esta tectonogénesis se documentó exclusivamente en la región más oriental del país la cual pertenece al borde NW del Cratón Amazónico. Durante la provincia de Río Negro-Juruena se produjo un importante evento magmático datado entre 1800 y 1500 m.a., el cual está principalmente marcado por el batolito de Parguaza. Seguido a esto se da una sedimentación detrítica



frecuentemente correlacionada con la Fm. Roraima entre 1850 y 1500 m.a., pero esta relación con el magmatismo Parguenze no es clara todavía.

De este periodo en adelante no se han reconocido sedimentos y Toussaint, (1993) dice que es de suponer que esta región fue marcada por la estabilidad que generó un gran hiato, desde comienzos del mesoproterozoico hasta el cuaternario.



Libertad y Orden

**SERVICIO GEOLÓGICO
COLOMBIANO**

República de Colombia



6. GEOLOGÍA LOCAL

6.1 ESTRATIGRAFÍA

En esta sección se presentan todos los depósitos trabajados en la zona de estudio, los cuales pertenecen al cuaternario y su descripción está basada tanto en la recopilación bibliográfica como en lo visto y analizado durante las diferentes etapas que se llevaron a cabo durante el proyecto.

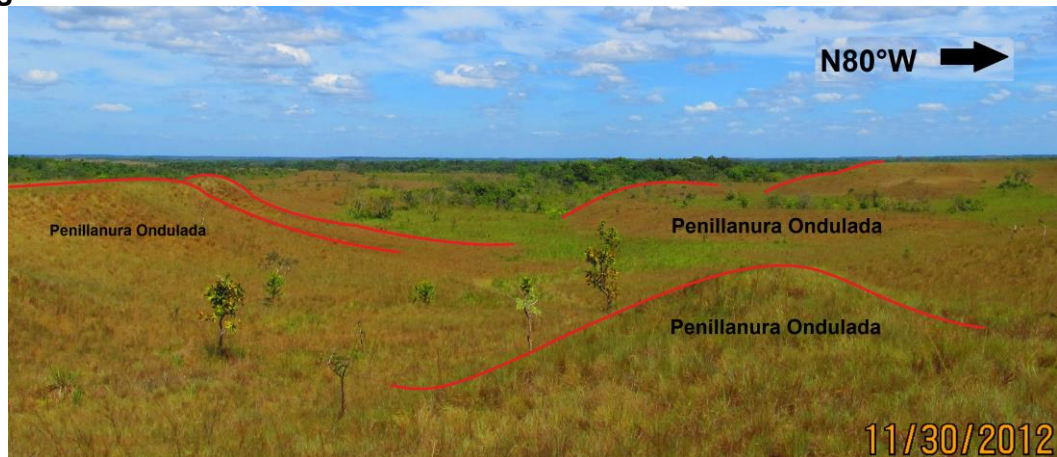
6.1.1 CUATERNARIO

Se presentan los suelos lateríticos, producto de una intensa meteorización, por millones de años, producido por el clima con los períodos marcados de invierno y verano, los cuales son fuertes y prolongados. El resultado de esta meteorización ha sido los depósitos de penillanura amplios, zonas de inundación, áreas de colinas disectadas de poca altura y depósitos de origen aluvial. (INGEOMINAS, 2010).

6.1.1.1 Depósitos Asociados a Costras Ferruginosas (Qcf)

Según el Servicio Geológico Colombiano, (2013), los depósitos asociados a costras ferruginosas son el resultado de una meteorización química a escala regional en el departamento del Vichada, así esta se define como una lateritas y/o ferricretas con un perfil característico. Una característica esencial de esta unidad es que aflora en la penillanura ondulada donde el drenaje es de tipo subdendrítico a dendrítico (Figura 31).

Figura 31. Penillanura ondulada



Fuente: Tomada por el autor.

Otra forma en la que se presentan las costras ferruginosas es como costras macizas y nódulos de hierro con textura arriñonada las cuales generalmente tienen alto contenido de óxidos de hierro tipo limonita, hematina, goethita, entre otros (INGEOMINAS, 2010) (Figura 32). Exhibe colores de tonalidades ocre a rojizos o color ladrillo, una de sus principales características haciéndolas identificables en campo. Se localizan principalmente cerca a la redes de drenajes. También se observan costras macizas pseudoestratificadas que corresponden generalmente a areniscas ferruginosas con espesores que alcanzan hasta 2 m.

Figura 32. Costras ferruginosas presentes como nódulos.



Fuente: Tomada por el autor.

Diferenciar cada forma en la que se exhibe el depósito de costras ferruginosas en el mapa es complicado debido a que presentan diversos tipos. Entre estos se encuentran los estratos tabulares de areniscas con cemento ferruginoso, clastos de formas botroidales dispersos generalmente sobre la parte alta (cimas y laderas) del relieve colinado y costras ferruginosas que se están comenzando a formar con concentraciones de óxidos de hierro, como los encontrados en campo en la unión del caño Negro con el caño Gavilán (Figura 33).

Figura 33. Tabla de los aspectos generales de los perfiles en los depósitos Qcf

Aspectos Generales de los perfiles en los depositos Qcf	
Características	Perfil Altillanura Periandina
Clima Actual y Vegetacion	Clima tropical humedo, humedad promedio del 80%, promedio temperatura 29°C, llluvias hasta 2466mm/año, vegetacion restringida a Bosques de Galeria.
Contexto Climático Histórico	Ultimos 20ka fluctuaciones de climas secos a llluviosos que los actuales, 12ka vegetación mas baja, climas mas aridos, posteriormente el clima presenta varios periodos secos y húmedos.
Perfil	Gravas ferruginosas, arcillas moteadas con formación de caolinita, coraza ferruginosa, zona arcillosa masiva, algunos casos saprolito.
Suelo	Formación incipiente.
Forma y Fábrica Pisolitos	Gravas ferruginosas subredondeadas a redondeadas con una corteza delgada de limonita o goethita.
Composición Pisolitos	Hematita, goethita, limonita, núcleo de fragmentos de cuarzo (rango arena), goethita y limonita en la corteza (Exposición subaérea).
Minerales de Al	Caolinita
Minerales de Fe	Hematita, Goethita y Limonita.
Fragmentos de costras	Ausente
Costras o Corazas pisolíticas	En algunos sectores se observan nodulos cementados con hematita y goethita.
Horizonte de Bauxita	No observado
Saprolito	Depósitos cuaternarios (Pleistoceno temprano y medio)

Fuente: Tomada de la Memoria Explicativa de las Planchas 201 BIS, 201, 200 Y 199, Departamento de Vichada, Servicio Geológico Colombiano, 2013

Figura 34. Costras de hierro ferruginosas con concentraciones de óxidos de hierro



Fuente: Tomada por el autor.



Libertad y Orden

**SERVICIO GEOLÓGICO
COLOMBIANO**

República de Colombia



Universidad
Industrial de
Santander



6.1.1.2 Depósito de Penillanura (Qp)

Depósitos no consolidados asociados principalmente a sistemas eólicos tipo Loess, que han sido retrabajados post-depositación por drenajes de poca capacidad erosiva sobre la penillanura no disectada que se conserva en las divisorias de aguas y en sitios donde el relieve no ha sido modificado sustancialmente. (Servicio Geológico Colombiano, 2013).

Estos depósitos constan en su mayoría de limos-arenosos con variaciones menores de lodos-arenosos y arenas-limosas (Arena fracción fina) de color amarillo, amarillo rojizo y pardos. (Servicio Geológico Colombiano, 2013).

Estos depósitos hacen parte de las extensas sabanas con un grado de disección muy bajo o nulo. Además está cubierto generalmente por pasto tipo saeta y poca vegetación arbustiva (Figura 34).

Los sedimentos de manera puntual están cubiertos por arenas eólicas que se presentan como pequeños montículos (Ingeominas 2009, 2010) y en las partes infrayacentes a este depósito se ha definido que la unidad inmediatamente inferior son los depósitos asociados a Costras Ferruginosas (Qcf), (Servicio Geológico Colombiano, 2013).

Figura 35. Depósitos de Penillanura



Fuente: Tomada por el autor.

Una característica adicional es la presencia de formación de suelo, en promedio de unos 15 cm, compuesto por arenas de tamaño fino, como se puede notar en un apique hecho en la zona (Figura 35), donde se observaron dos niveles. En el primer nivel está el suelo arcilloso de color negro plástico con presencia de raíces y lo infrayace un nivel café amarillento limo-arenoso con buena selección, con granos de fracción arena que muestran una buena redondez, concordante con la descripción del Qp. Igualmente se perciben clastos subangulares de cuarzo y líticos rojos, indicando la presencia de los nódulos hierro que infrayacen al Qp. Es importante aclarar que en la composición de los depósitos de penillanura, los contenidos de los líticos rojos y de cuarzo varían, al igual que su espesor; dependiendo si la planicie está disectada o no. Según el INGEOMINAS, (2010), en algunas zonas, el Qp se encuentra cubierto por arenas eólicas, que se evidencian como pequeños montículos.

Figura 36. Depósitos de Penillanura.



Fuente: Tomada por el autor.

En la Figura 37 se evidencia el perfil característico que se presenta en el departamento del Vichada comenzando con la capa de suelo, seguido (en este caso) por los depósitos no consolidados del Qp con su color pardo característico. A medida que se va profundizando en el perfil se observa como las tonalidades se tornan más rojizas a ocre y empieza el proceso de lixiviación. Al final del perfil se nota que comienzan a aparecer los nódulos de hierro, típicos de los depósitos Qcf.

Figura 37. Perfil del depósito Qp.



Fuente: Tomado de la Memoria Explicativa de la Plancha 216, La Primavera, Vichada. Servicio Geológico Colombiano, 2013 (en prensa).

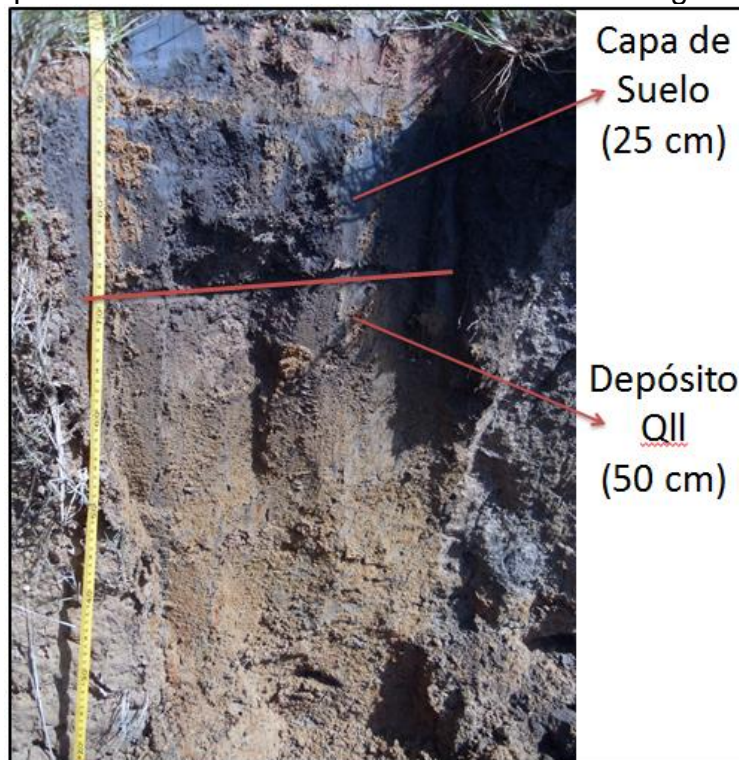
6.1.1.3 Depósitos de Llanura de Inundación (QII)

Los depósitos de Llanura de Inundación generalmente son inundados en la época de invierno y se ubican en cercanías a los ríos y drenajes presentes en la zona (Figura 14, recuadro amarillo).

Estos depósitos se caracterizan por estar cubiertos de vegetación arbustiva, especialmente los chaparros de agua (Figura 8).

En este depósito de llanura de inundación los sedimentos se encuentran no consolidados, con variaciones texturales de lodos y lodos-arenosos con restos de materia orgánica de tonalidades grisáceas oscuras (Ingeominas, 2010). El espesor de este depósito es variable dentro de la zona y tiene una formación de suelo que en algunas zonas puede llegar a ser bastante gruesa (Figura 38).

Figura 38. Depósito de llanura de inundación con materia orgánica.



Fuente: Tomada por el autor.

6.1.1.4 Depósitos Aluviales de Cauce (Qac)

Estos depósitos están relacionados con la dinámica fluvial actual de los caños y ríos que drenan el área, además son producto de la erosión fluvial lateral, transporte y depositación de sedimentos en las márgenes del río. Algunas veces pueden estar relacionados con ríos de gran envergadura como el río Meta, Orinoco y Bitá, (INGEOMINAS, 2009 y 2010), como el caño el Gavilán, Negro, entre otros. Los depósitos del Qac están cubiertos por los bosques de galerías, como se puede observar en la Figura 39.

Figura 39. Depósito Aluvial de Cauce, cubiertos por bosques de galerías.



Fuente: Tomada por el autor.

Los depósitos aluviales de cauce corresponden a sedimentos no consolidados, conformado por cuarzo, magnetita, líticos rojos, feldspatos y minerales translucidos de tamaño de grano de fino a medio, bien seleccionadas, dispuestos en las en las barras de arena, en los lechos activos, márgenes de los ríos y localmente terrazas. La composición del material existente varía de acuerdo a la dinámica y el área aportante, (Servicio Geológico Colombiano, 2013).

En la fase de campo se describió un perfil aproximadamente de 3m de sedimentos lodos de tonalidades abigarradas o moteadas, (Figura 40), meteorizado. Debajo de los lodos se encontraron arenas de tamaño fino a medio con óxidos.

Figura 40. Depósito de Qac con tonalidades abigarradas.



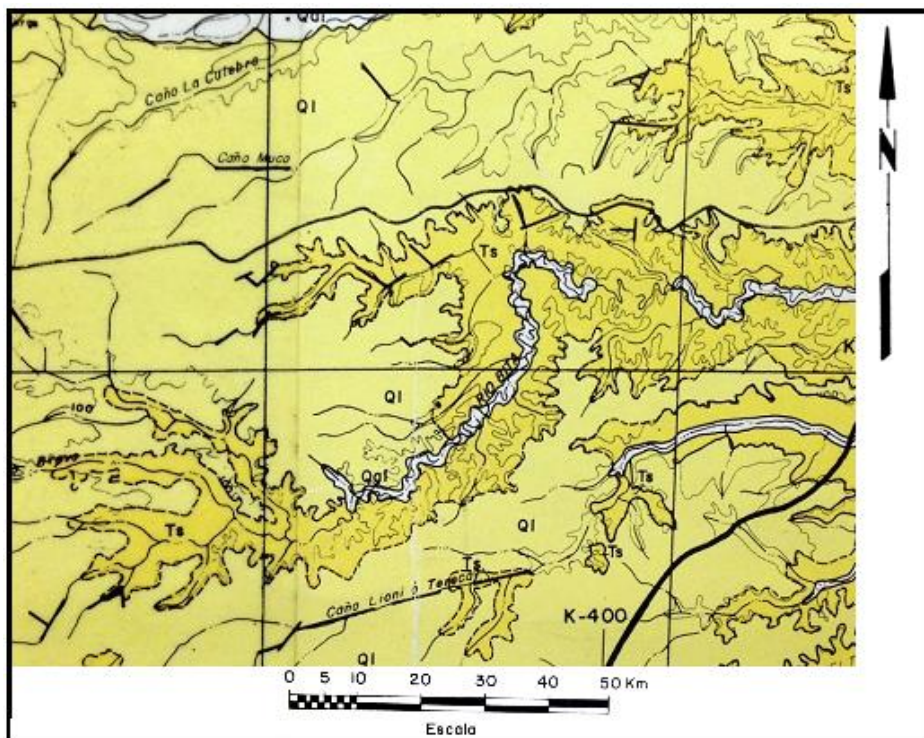
Fuente: Tomada por el autor.

6.2 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

Teniendo en cuenta lo discutido en la parte regional, De la Espriella (1990), indica, a nivel local, que las principales anomalías que vale la pena anotar son la del río Tomo en la desembocadura del río Elvita; la del caño Terecay en la parte noreste de la anterior y la del río Bitá cerca a sus cabeceras (Figura 41). Estos cambios de curso, parecen coincidir con la inflexión del río Meta a la altura del raudal de Trapichote formado por el granito. De estas observaciones se concluyó que la mayoría de los rasgos tienen direcciones NE-SW, pero es

muy difícil deducir sus causas; tentativamente, sin embargo, se podría postular la hipótesis de que las direcciones NE-SW podrían atribuirse a control estructural.

Figura 41. Río Bitá cerca a sus cabeceras.



Fuente: Tomado del mapa del proyecto de la carretera Puerto Gaitán – Puerto Carreño, Gómez Cajiao y asociados, Noviembre 1986.

6.3 GEOLOGÍA HISTÓRICA

6.3.1 EVOLUCIÓN A NIVEL LOCAL

Entre los autores que realizaron sus estudios de manera más específica se encuentran Galvis & Quintero, (1998) y De la Espriella, (1990). Galvis & Quintero plantean una serie de eventos, donde cabe resaltar los siguientes, uno que se encuentra en el Eoceno Superior, con la aparición de las lateritas debido a un proceso de edáfización de la zona, concordante con lo establecido por el Servicio Geológico Colombiano, (2013). Ellos proponen, en la memoria



Libertad y Orden

**SERVICIO GEOLÓGICO
COLOMBIANO**

República de Colombia



Universidad
Industrial de
Santander



explicativa de las planchas 201 Bis, 201, 200 y 199, que en los sedimentos pertenecientes al Paleógeno-Neógeno descritos anteriormente, presentaron intercalaciones de lodolitas, arcillolitas y arenitas con alto contenido de hierro, el cual se sugiere es la fuente de los procesos de laterización posterior a su depositación. El siguiente evento sucedió en el Cuaternario, con un proceso de desertificación, el cual produjo extensos depósitos de arenas. Seguido por un clima húmedo que gradualmente fue estableciendo la red hidrográfica actual y su depositación aluvial.

De igual manera De la Espriella, (1990) expone que los resultados de su investigación permiten esbozar una historia geológica del área a partir del Proterozoico Medio, representado por el Granito de Parguaza, cuyas dataciones en Venezuela han arrojado una edad de 1550 m. a. El granito parece ser producto de migmatización, que se evidencia por la presencia de biotita formada a partir de hornblenda, las texturas de exsolucion. Además, la presencia de magnetita e ilmenita hacen pensar que las rocas preexistentes puede haber sido de origen ígneo. Asimismo dice que en la actualidad se observan procesos de erosión por la disección de los cursos de agua, lo que ha disgregado la coraza ferruginosa. Esto es concurrente con lo establecido por los diferentes trabajos que ha realizado el Servicio Geológico Colombiano, (2009, 2010 y 2013) en la departamento del Vichada.



Libertad y Orden

**SERVICIO GEOLÓGICO
COLOMBIANO**

República de Colombia



Universidad
Industrial de
Santander



7. ANÁLISIS DETALLADO DE LOS DEPÓSITOS CUATERNARIOS

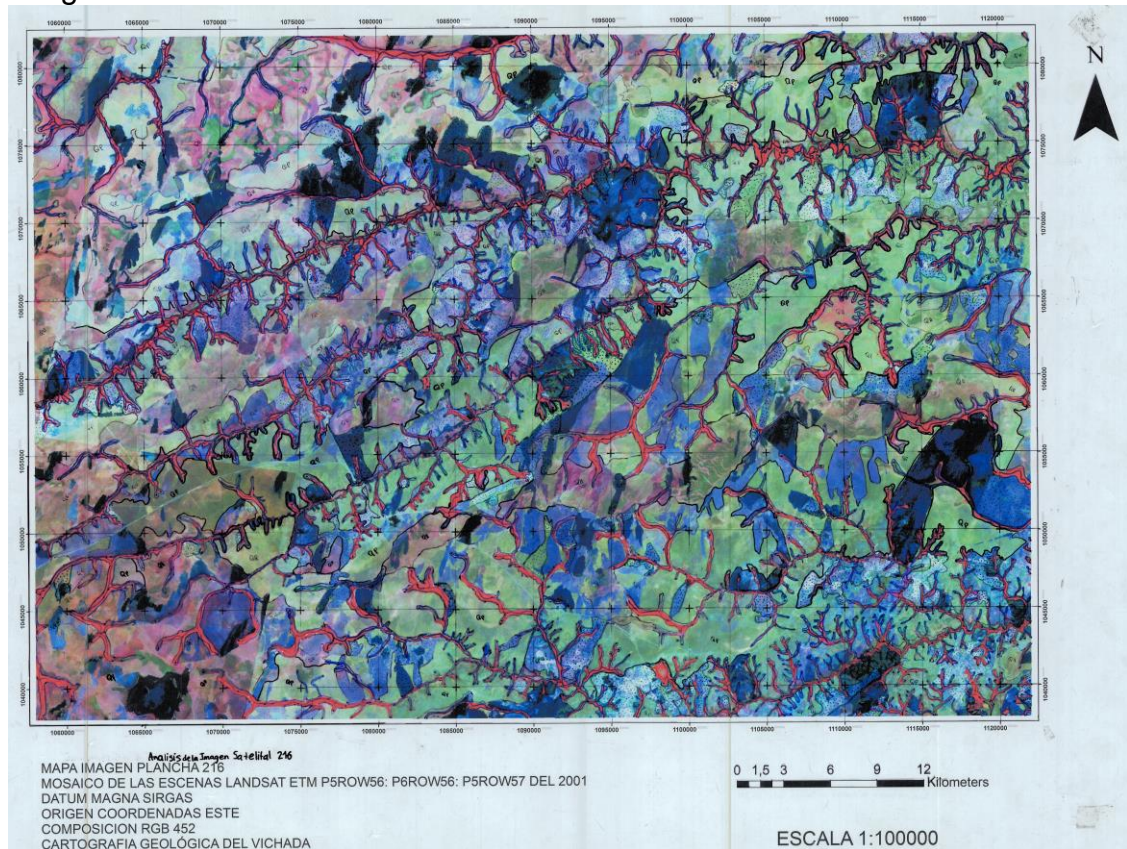
7.1 ANÁLISIS GEOMORFOLÓGICO

7.1.1 IDENTIFICACIÓN DE LOS DEPÓSITOS CUATERNARIOS A TRAVÉS DE LA INTERPRETACIÓN DE IMÁGENES SATELITALES

En el análisis de las imágenes satelitales, como ya fue descrito, se tuvieron en cuenta las características geomorfológicas de cada depósito. Esto se llevó a cabo con la imagen satelital impresa junto con un acetato, encima del cual se fueron delimitando e identificando los diferentes polígonos para cada depósito. De igual manera se utilizó Google Earth como apoyo en las zonas que fuese necesario, como en aquellas donde se ven unas partes con tonalidades azul oscuro a negras (Figura 42).

Para lograr diferenciar los depósitos entre sí, se usaron los micropuntas de colores negro, verde y azul. El azul se utilizó para representar los drenajes y el depósito Qac, el color negro se usó para delimitar los depósitos Qp y Qll y a cada polígono se le puso las iniciales correspondientes; por último se utilizó el color verde con puntos para el depósito Qpe. A raíz de los patrones de drenaje, los grados de disección, los tonos, las texturas y los tipos de cobertura vegetal, se fueron separando uno a uno los polígonos de cada depósito, como se puede ver en la Figura 42.

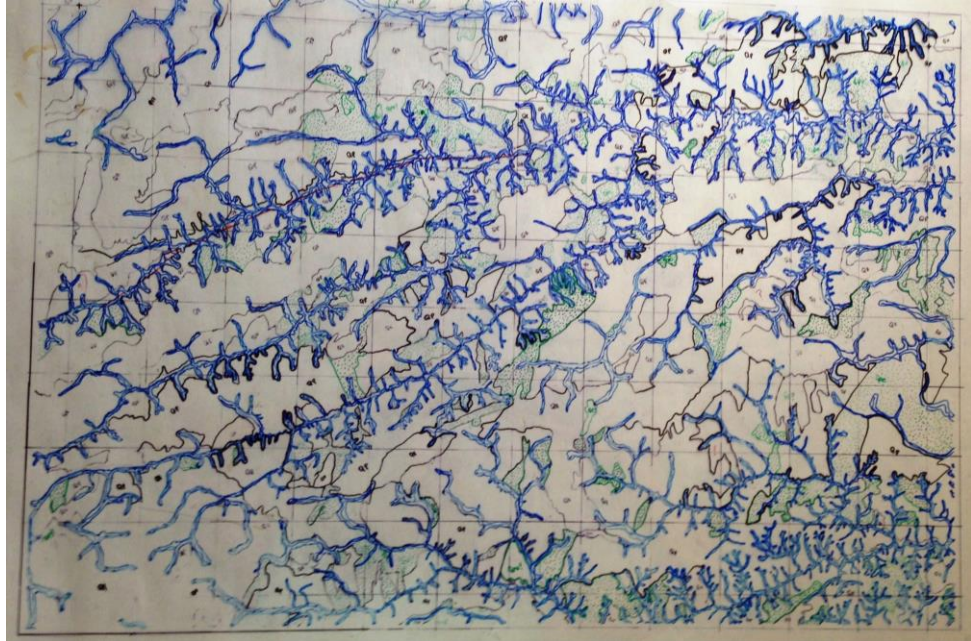
Figura 42. Identificación de los depósitos cuaternarios ubicados sobre la imagen Landsat.



Fuente: Realizado por el autor a partir de la imagen LANDSAT de la plancha 216 suministrada por el Servicio Geológico Colombiano.

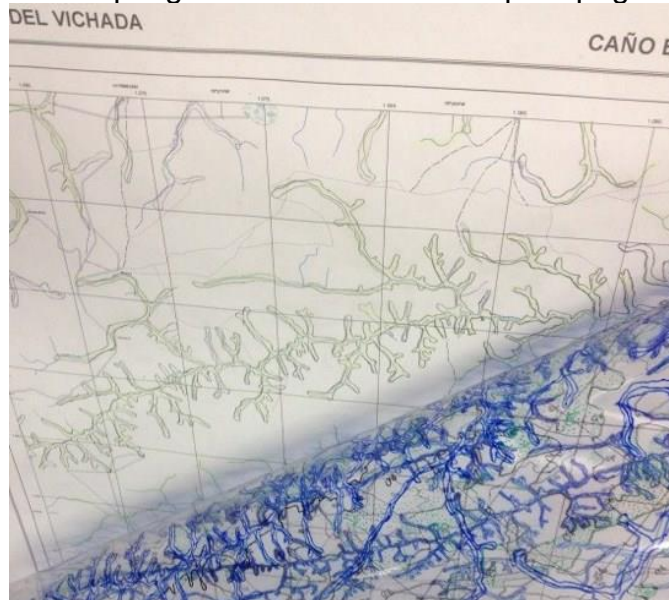
Luego de obtener toda la interpretación de la Imagen, LANDSAT ETM, con la combinación 4,5,2, en el acetato (Figura 43), se procedió a plasmar los polígonos sobre el mapa topográfico del IGAC a lápiz, como se observa en la Figura 44. Una vez terminado de pasar todos los polígonos al mapa topográfico, se procedió a colorear cada uno dependiendo del tipo de depósito, basado en los estándares preexistentes del Grupo Vichada del Servicio Geológico Colombiano. El depósito Qp, color amarillo/crema, el depósito Qpe, amarillo claro, el Qac de color gris claro y el Qll de gris oscuro, como se evidencia en la leyenda del mapa, (Anexo A).

Figura 43. Acetato donde se plasmó la interpretación de la Imagen LANDSAT de la plancha 216 a escala 1:100.000



Fuente: Tomada por el autor.

Figura 44. Paso de los polígonos del acetato al mapa topográfico

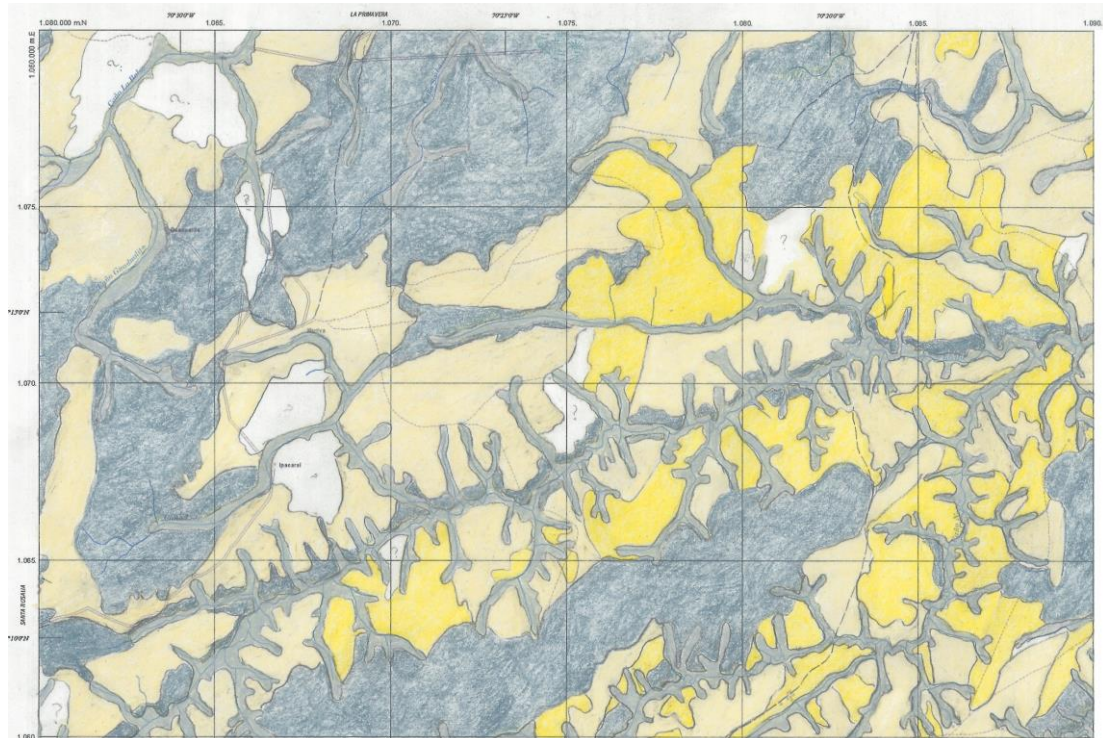


Fuente: Realizado por el autor.

El producto final (Figura 45), se llevó a campo como base cartográfica y a partir de este se escogieron las zonas que se visitaron en campo y se verificó que la interpretación realizada en la oficina. En este caso, las zonas de color blanco

no pudieron ser definidas en un 100%, razón por la cual en campo fueron verificadas para completar el mapa.

Figura 45. Mapa geomorfológico de la zona de estudio, sección I de la plancha 216



Fuente: Realizado por el autor.

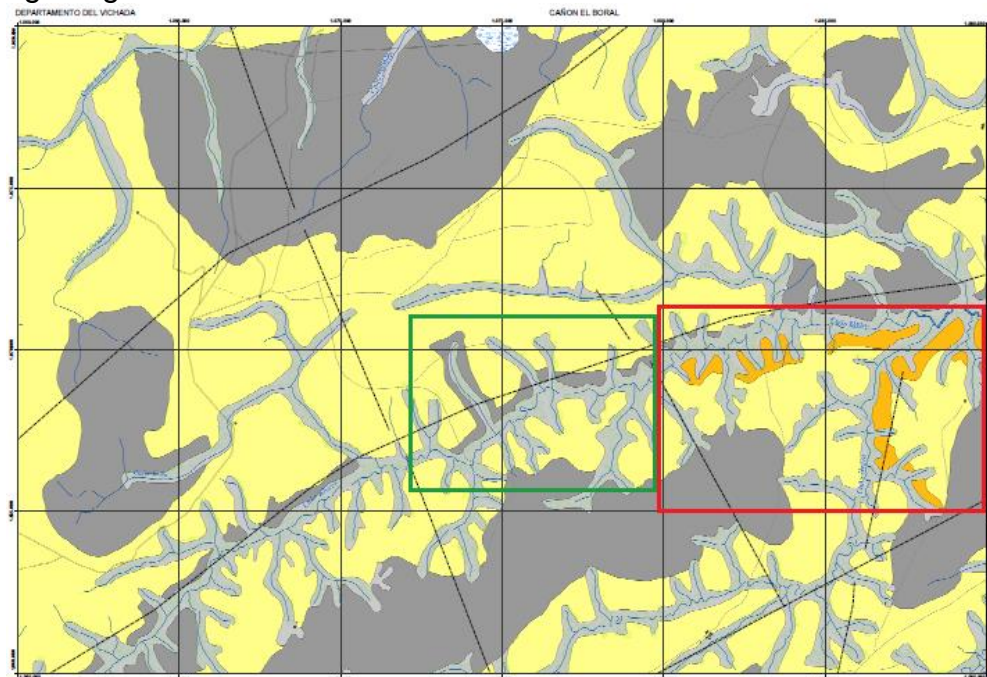
7.2 CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA DE LA PLANCHA 216-I

Cabe notar que la cartografía de las planchas en el departamento del Vichada se apoya en gran parte en la geomorfología de la zona debido a que la mayoría de los depósitos que se presentan pertenecen al cuaternario. De esta manera se logra discriminar los diferentes depósitos que se encuentran y generar un mapa que posteriormente se comprueba en campo para generar el definitivo. Teniendo esto en cuenta, a continuación se describen los resultados obtenidos de este proceso.

A partir de la interpretación realizada de la imagen satelital de la plancha 216, se observó que los depósitos de costras ferruginosas se encontraban expuestos en las zonas donde los drenajes son subdendríticos, lo cual se

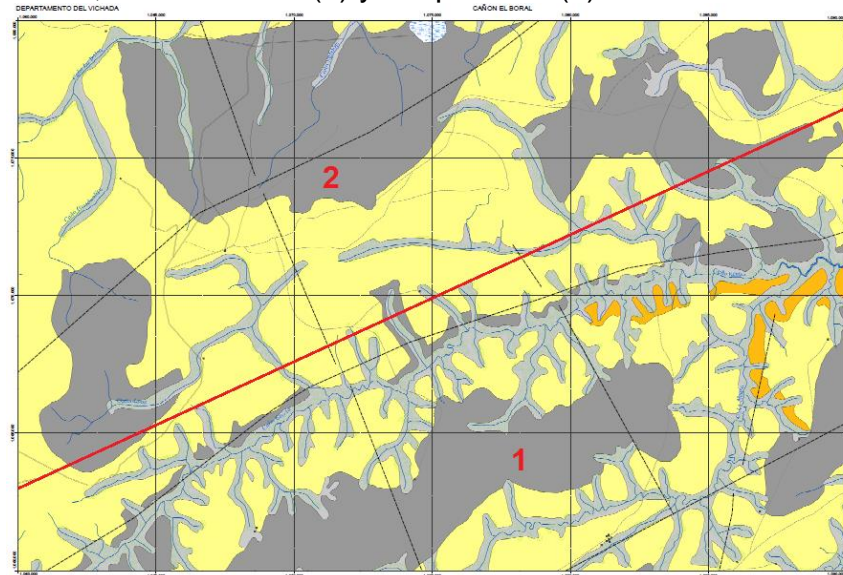
presenta en la parte central-izquierda del mapa geológico de la zona de color naranja. De igual manera se observa que el depósito Qcf no se manifiesta en ambos lados del drenaje, el cual tiene una orientación NE, sino solamente en la parte sur del caño Gavilán, como se observa en el recuadro rojo de la Figura 46. Este hecho facilitó el reconocimiento de que el depósito Qll, que también bordea el caño el Gavilán, solo se exhibe en la parte norte como se observa en el recuadro verde de la Figura 46.

Figura 46. Ubicación del depósito Qll y Qcf a lo largo del caño Gavilán, en el mapa geológico



De igual manera se percibe, a grandes rasgos, que se puede hacer una división de los drenajes en dos tipos diferentes. Hacia el noroeste los drenajes tienden a ser de tipo subparalelo con una densidad baja (Numero 2, Figura 47), mientras que los drenajes hacia el sureste son más subdendríticos (Número 1, Figura 47).

Figura 47. División relacionada con los tipos de drenajes encontrados en la zona de estudio, subdendritico (1) y subparalelo (2)

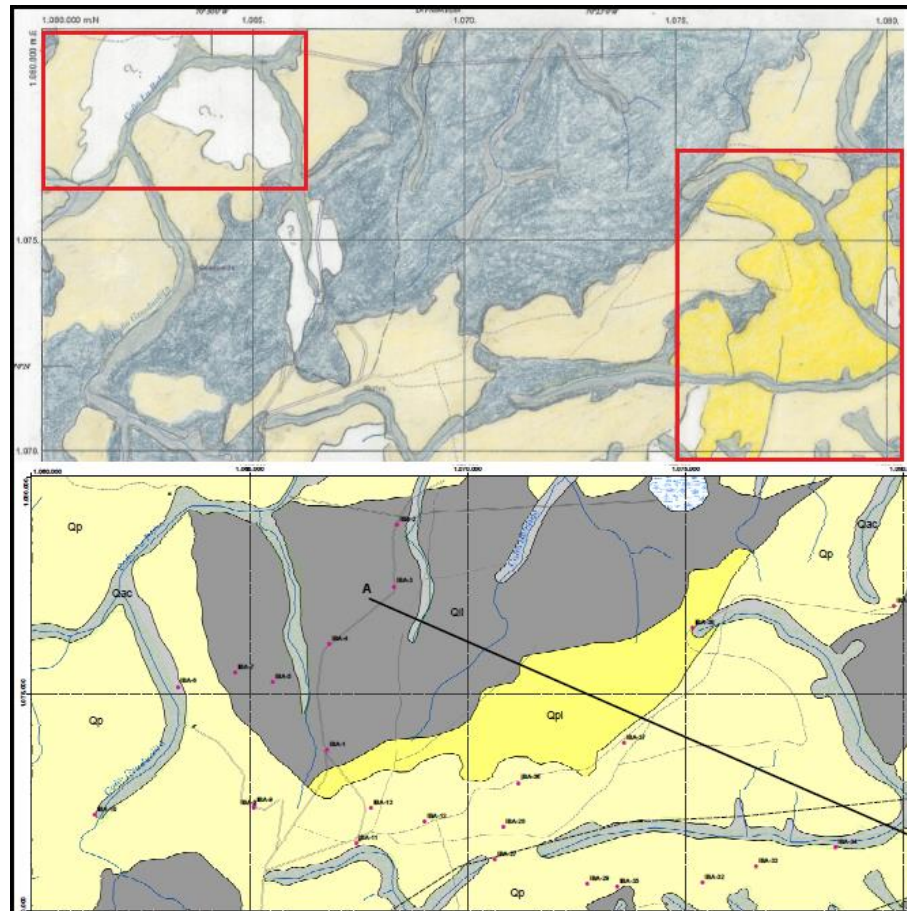


Fuente: Realizado por el autor.

Otro aspecto interesante que se evidencia en el mapa es que en la zona 1, a pesar de que los drenajes sean de diferente tipo con respecto a la zona 2, los caños Gavilán y Negro tienen la tendencia a ser subparalelos entre ellos, así el caño Negro sea afluente del Gavilán.

Durante el proceso de elaboración de la cartografía geológica, más específicamente en la fase de campo, se le hicieron correcciones al mapa de interpretación de la imagen satelital; como por ejemplo, no se encontró el depósito Qpe claramente definido, razón por la cual se hicieron los debidos cambios de los polígonos, comparando el mapa de interpretación con lo que se encontró en campo. En este caso los polígonos del depósito Qpe fueron reemplazados por los depósitos de Qp, basado en las evidencias observadas en campo. Asimismo se lograron resolver las dudas de las zonas que estaban de color blanco en el mapa interpretado gracias a las muestras obtenidas y el análisis inicial que se hace de éstas en campo. Esto se puede observar en la Figura 48 dentro del recuadro rojo en el mapa superior (interpretado antes de ir a campo), con respecto al mapa inferior (mapa final).

Figura 48. Comparación del mapa interpretado inicial con el mapa geológico final

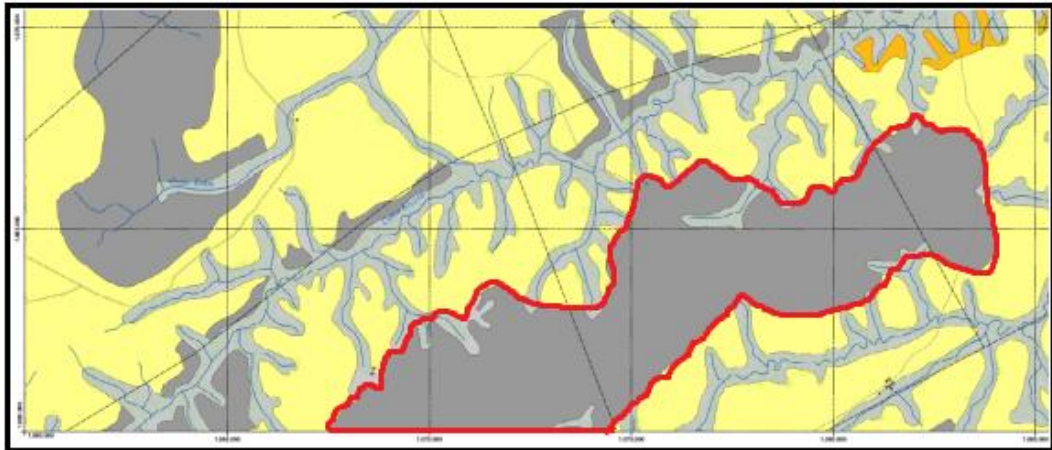


Fuente: Realizado por el autor.

7.2.1 DESCRIPCIÓN DE UN NUEVO DEPÓSITO CUATERNARIO

Un rasgo geomorfológico que se observó durante la fase de interpretación al igual que en la información evidenciada en campo, fue la ubicación anómala que tenían los depósitos amplios de Qil sobre la divisoria de aguas. A diferencia de los depósitos situados sobre la llanura de desborde de los diferentes drenajes presentes en el mapa, como el Gavilán (Figura 46, recuadro verde), que es el lugar habitual donde se encuentran los depósitos de llanura de inundación. Este rasgo se puede notar, resaltado en color rojo en la Figura 49, debajo del caño Gavilán.

Figura 49. Depósito ubicado hacía el sureste del caño Gavilán.



Teniendo en cuenta los rasgos anteriormente descritos se sugiere el cambio de la definición de estos depósitos extensos de Qll por depósitos de penillanura inundable (Qpi). Sin embargo en la memoria explicativa de la plancha 216 del Servicio Geológico Colombiano se mantiene el nombre de Qll debido a que las memorias anteriores del departamento del Vichada ya están oficializadas y por ahora no se puede hacer el cambio de nomenclatura.

- **Definición:** Depósitos asociados a la superficie de peniplanicie no disectada que se mantiene en las divisorias de aguas, por lo tanto el relieve no ha sido modificado sustancialmente. Estos depósitos Qpi, al igual que los Qp, suprayacen depósitos asociados a las costras ferruginosas (Qcf) (Servicio Geológico Colombiano, 2013), lo cual le proporciona las alturas promedios más notorias (con valores de hasta 130 m.s.n.m.).

Otro aspecto identificado de este depósito Qpi son los surales, unas estructuras circulares que forman una serie de montículos con alturas de hasta 1.5m (Figura 50). Estos surales no tienen una dirección aparente y su presencia se da de manera localizada hacia la zona norte del mapa, a lo largo de la planicie.

Figura 50. Surales del Qpi.



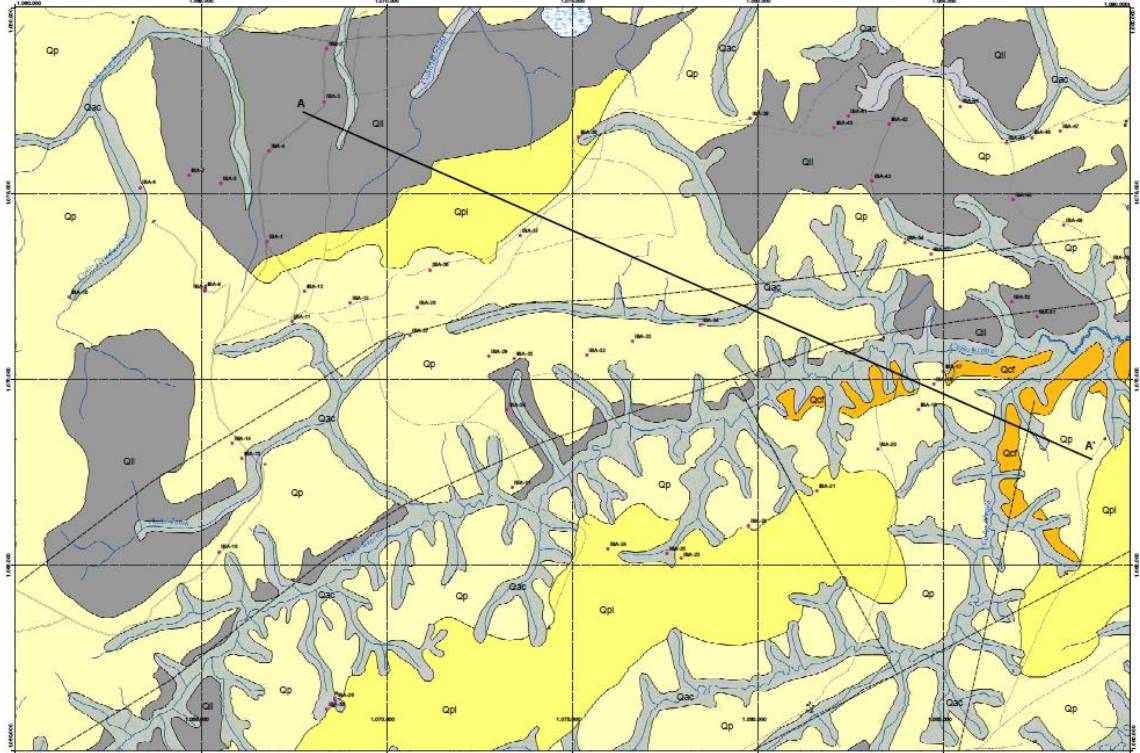
- **Descripción:** Estos depósitos Qpi son no consolidados, lodo-arenosos de color pardo con presencia de arcilla en algunas zonas lo cual modifica su color a una tonalidad grisácea oscura. Este contenido de arcilla junto con su ubicación en la divisoria de aguas, una planicie no disectada, impide que el agua en épocas de invierno drene causando que el depósito se inunde.

El tamaño de los cuarzos es de fino a muy fino, bien sorteados de granos subredondeados a subangulares, de esfericidad alta. Composicionalmente está constituido por cuarzo hialino, cuarzo lechoso, y líticos rojos. Este depósito se encuentra fácilmente cerca al caño Gavilán y Saibane.

- **Contacto:** Los depósitos que se encuentran inmediatamente debajo del Qpi son los asociados a costras ferruginosas (Qcf). Es importante notar que los contactos mencionados se definen por apiques debido a la falta de afloramientos presentes en la zona de estudio y con el análisis de las muestras, las cuales en este caso presentan líticos rojos y cuarzos

manchados rojizos. Esto indica la presencia cercana de las costras ferruginosas. Los contactos laterales del Qpi son con los depósitos de llanura de inundación Qll y de penillanura Qp. El producto de esta descripción se ve plasmado en el mapa (Figura 51).

Figura 51. Mapa geológico de la plancha 216-I



Fuente: Realizado por el autor.

7.3 ANÁLISIS SEDIMENTOLÓGICO

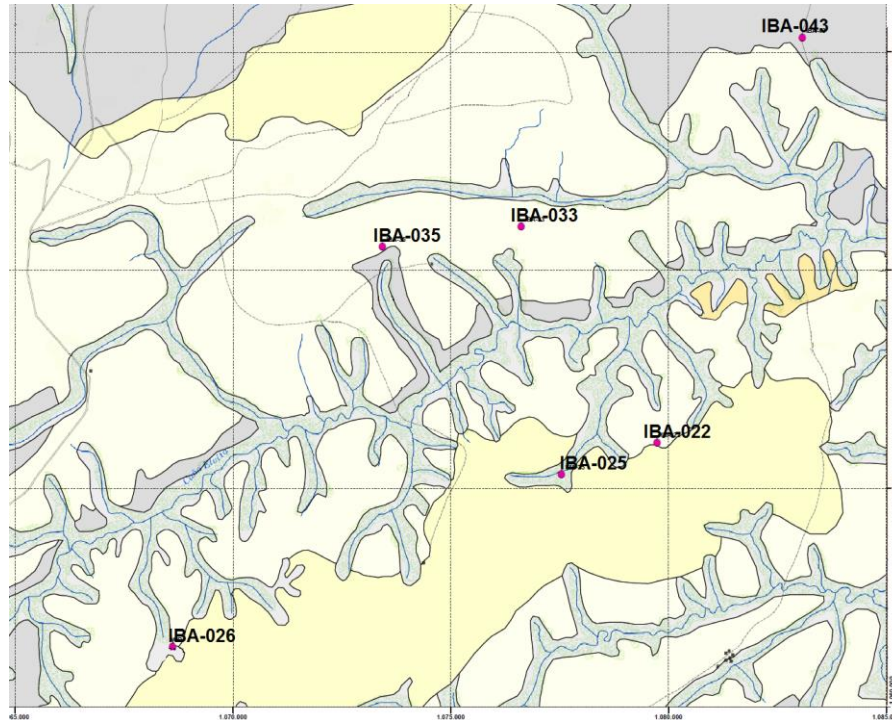
7.3.1 COMPILACIÓN DE DATOS Y MUESTRAS DE CAMPO

En la fase de campo se verificó el trabajo de oficina, es decir el mapa de la Figura 45, donde se resolvieron las dudas sobre las zonas en blanco. Esto se evidencia en el mapa geológico final.

Igualmente se recogieron muestras de los diferentes depósitos que se presentaron en la zona de estudio. Debido a que en esta área de estudio no se encuentran afloramientos, las muestras fueron recogidas por medio de apiques y así poder obtener los depósitos recientes, como se observa en la Figura 36.

Las seis muestras que pasaron por el análisis granulométrico se encuentran ubicadas en el mapa de campo, en la Figura 52.

Figura 52. Sección del mapa donde se encuentran las muestras analizadas, ubicadas hacia el norte y sur del caño Gavilán, en la parte central y oriental del mapa.



Fuente: Realizado por el autor.

7.3.2 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LAS MUESTRAS DE CAMPO

De todas las muestras recogidas de la zona de estudio, en la fase de campo, se seleccionaron seis, Tabla 2.

Tabla 2. Ubicación de las muestras analizadas

Muestra	Norte	Este
IBA-022	1066057	1079738
IBA-025	1065324	1077542
IBA-026	1068613	1061366
IBA-033	1071009	1076618
IBA-035	1070541	1073432
IBA-043	1075328	1083072

Estas muestras son representativas de la mayoría de los depósitos presentes y fueron sometidas a un análisis granulométrico, descrito a continuación.

7.3.2.1 ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS BASADO EN EL TAMIZAJE

A las 6 muestras escogidas y recogidas en campo se les realizó un estudio textural, granulométrico y composicional usando la lupa, y a raíz de esto se llevó a cabo el análisis sedimentológico.

Estas muestras se ponen a secar para que el tamizaje sea óptimo. Luego de que se sequen, se sacan y pesan 50 gramos de cada muestra (Figura 53).

Figura 53. Muestras secas y pesadas para realizar el tamizado.



Fuente: Tomada por el autor.

Al tener las muestras listas, se escogen las mallas de los tamices, dependiendo del tamaño de grano que tenga la muestra. En este caso se usaron los tamices de 50, 70, 100, 140, 200 y 230. Para definir qué tamiz usar se utilizó la tabla de conversión de las mallas a milímetros (Tabla 3).

Una vez se vierta toda la muestra (50 gm) en el tamiz (Figura 54), este se deja actuar por un tiempo de 5 a 10 minutos, hasta que la muestra pase por todos los diferentes tamices.

Figura 54. Tamiz utilizado en el laboratorio con las 6 mallas nombradas anteriormente



Fuente: Tomada por el autor.

Al tener todas las muestras tamizadas, estas se pesan para saber cuántos gramos quedaron en cada tamiz y así poder hacer el análisis granulométrico. Se anotan los valores en gramos de los resultados obtenidos de cada número de la malla usada (Tabla 4). El valor de la malla tiene una equivalencia con el tamaño de grano, en micrones el cual utiliza el programa de GRADISTAT, creado por Simon Blott, (2000), específicamente para análisis granulométricos.

Tabla 4. Valores del peso de las muestras (gm) en cada malla del tamiz (μm)

Aperture (microns)	IBA-022	IBA-025	IBA-026	IBA-033	IBA-035	IBA-043
<i>Sample Identity:</i>	Ingrid Bejarano Arias	Ingrid Bejarano Arias	Ingrid Bejarano Arias	Ingrid Bejarano Arias	Ingrid Bejarano Arias	Ingrid Bejarano Arias
<i>Analyst:</i>	19/03/2013	19/03/2013	19/03/2013	19/03/2013	19/03/2013	19/03/2013
<i>Date:</i>	32.19	38.2	38.53	29.77	28.9	30.02
<i>Initial Sample Weight:</i>						
355						
300	1.99	3.63	2.65	3.85	1.05	1.9
250						
212	5.67	1	9.91	11.1	6.84	3.97
180						
150	10.68	19.49	7.84	4.09	2.91	2.64
125						
106	10.66	5.05	7.12	4.47	7.61	8.09
90						
75	2.11	9.03	10.44	2.53	7.60	7.25
63	1	1	1	2.12	1	1

Fuente: Realizado por el autor.

Los resultados obtenidos a partir de este programa revelan que el tamaño de grano de las muestras varía, en general, de arena fina a muy fina, como se puede observar en la Tabla 5. Además se observa que la muestra IBA-033 es la única de las 6 que no está bien seleccionada; al detallar su ubicación en el mapa geológico, se evidencia que hace parte del depósito Qp (Penillanura). Basándose en la definición del depósito, es entendible que su sorteamiento sea moderado, puesto que la penillanura posee una tendencia topográfica más alta. Razón por la cual el transporte al que fue sometido no basta para tener un mejor sorteamiento, como en las otras muestras que presentan mayor cercanía a los drenajes y en su mayoría son depósitos de llanura de inundación.

Tabla 5. Resultados texturales de las muestras analizadas

SAMPLE STATISTICS	IBA-022	IBA-025	IBA-026	IBA-033	IBA-035	IBA-043
ANALYST AND DATE:	Ingrid Bejarano Arias, 3/20/2013	Ingrid Bejarano Arias, 3/20/2013	Ingrid Bejarano Arias, 3/20/2013	Ingrid Bejarano Arias, 3/20/2013	Ingrid Bejarano Arias, 3/20/2013	Ingrid Bejarano Arias, 3/20/2013
SIEVING ERROR:	0.2%	-2.6%	-1.1%	-26.2%	7.0%	20.8%
SAMPLE TYPE:	<i>Polymodal, Moderately Well Sorted</i>	<i>Polymodal, Moderately Well Sorted</i>	<i>Polymodal, Moderately Well Sorted</i>	<i>Polymodal, Moderately Sorted</i>	<i>Polymodal, Moderately Well Sorted</i>	<i>Polymodal, Moderately Well Sorted</i>
TEXTURAL GROUP:	<i>Sand</i>	<i>Sand</i>	<i>Sand</i>	<i>Sand</i>	<i>Sand</i>	<i>Sand</i>
SEDIMENT NAME:	<i>Moderately Well Sorted Fine Sand</i>	<i>Moderately Well Sorted Fine Sand</i>	<i>Moderately Well Sorted Very Fine Sand</i>	<i>Moderately Sorted Fine Sand</i>	<i>Moderately Well Sorted Very Fine Sand</i>	<i>Moderately Well Sorted Very Fine Sand</i>

Fuente: Realizado por el autor.

De las muestras en general se aprecia que son polimodales, es decir que no tienen solo una tendencia marcada de tamaño, si no varios, lo cual se representa en la gráfica del análisis de la muestra IBA-043 (Figura 55).

En los resultados según Folk y Ward, (1957) se habla de Curtosis y de Sesgo (*Skewness*), junto con los otros rasgos anteriormente descritos (Tabla 5). Para las seis muestras se observa que el 66.7% están en el rango de platicúrtica a muy platicúrtica, con un valor < 0.67 a 0.90 , entre las cuales están IBA-043, IBA.035, IBA-033 e IBA-026. Las dos muestras restantes tienen un rango de curtosis diferente a estas 4 anteriores, puesto que IBA-022 es leptocúrtica ($1.11-1.50$) e IBA-025 es mesocúrtica ($0.90-1.11$).

Tabla 6. Valores logarítmicos de Sorteamiento, Sesgo (*Skewness*) y Curtosis según Folk & Ward, (1957)

Sorting (σ_s)		Skewness (Sk_s)		Kurtosis (K_G)	
Very well sorted	< 0.35	Very fine skewed	+0.3 to +1.0	Very platykurtic	< 0.67
Well sorted	0.35 – 0.50	Fine skewed	+0.1 to +0.3	Platykurtic	0.67 – 0.90
Moderately well sorted	0.50 – 0.70	Symmetrical	+0.1 to +0.1	Mesokurtic	0.90 – 1.11
Moderately sorted	0.70 – 1.00	Coarse skewed	+0.1 to +0.3	Leptokurtic	1.11 – 1.50
Poorly sorted	1.00 – 2.00	Very coarse skewed	+0.3 to +1.0	Very leptokurtic	1.50 – 3.00
Very poorly sorted	2.00 – 4.00			Extremely	> 3.00
Extremely poorly sorted	> 4.00			leptokurtic	

Fuente: Tomado de Blott, (2000).

De la misma manera se observa que el sesgo de las 6 muestras también varía, ya que se presentan dos muestras simétricas (IBA-022 e IBA-026), dos muestras presentan un sesgo muy fino (IBA-025 e IBA-033) y las otras dos son de sesgo grueso a sesgo muy grueso (IBA-035 e IBA-043, Tabla 7).

Tabla 7. Resultados según Folk y Ward, (1957).

	SAMPLE STATISTICS	IBA-022	IBA-025	IBA-026	IBA-033	IBA-035	IBA-043
	ANALYST AND DATE:	Ingrid Bejarano Arias, 3/20/2013	Ingrid Bejarano Arias, 3/20/2013	Ingrid Bejarano Arias, 3/20/2013	Ingrid Bejarano Arias, 3/20/2013	Ingrid Bejarano Arias, 3/20/2013	Ingrid Bejarano Arias, 3/20/2013
FOLK AND WARD METHOD (Description)	MEAN:	<i>Fine Sand</i>	<i>Fine Sand</i>	<i>Fine Sand</i>	<i>Fine Sand</i>	<i>Fine Sand</i>	<i>Fine Sand</i>
	SORTING:	<i>Moderately Well Sorted</i>	<i>Moderately Well Sorted</i>	<i>Moderately Well Sorted</i>	<i>Moderately Well Sorted</i>	<i>Moderately Well Sorted</i>	<i>Moderately Well Sorted</i>
	SKEWNESS:	<i>Symmetrical</i>	<i>Very Fine Skewed</i>	<i>Symmetrical</i>	<i>Very Fine Skewed</i>	<i>Coarse Skewed</i>	<i>Very Coarse Skewed</i>
	KURTOSIS:	<i>Leptokurtic</i>	<i>Mesokurtic</i>	<i>Very Platykurtic</i>	<i>Platykurtic</i>	<i>Very Platykurtic</i>	<i>Platykurtic</i>

Fuente: Realizado por el autor.

Asimismo se observa en la Tabla 8 los resultados granulométricos de cada muestra donde se evidencia que todas son de tamaño arena, con su respectiva discriminación.

Tabla 8. Resultados granulométricos de las muestras

SAMPLE STATISTICS	IBA-022	IBA-025	IBA-026	IBA-033	IBA-035	IBA-043
ANALYST AND DATE:	Ingrid Bejarano Arias, 3/20/2013	Ingrid Bejarano Arias, 3/20/2013	Ingrid Bejarano Arias, 3/20/2013	Ingrid Bejarano Arias, 3/20/2013	Ingrid Bejarano Arias, 3/20/2013	Ingrid Bejarano Arias, 3/20/2013
% GRAVEL:	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
% SAND:	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
% MUD:	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
% V COARSE SAND:	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
% COARSE SAND:	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
% MEDIUM SAND:	6.2%	9.3%	6.8%	13.7%	3.9%	7.6%
% FINE SAND:	50.9%	52.3%	45.6%	53.9%	36.1%	26.6%
% V FINE SAND:	42.9%	38.5%	47.6%	32.4%	60.0%	65.8%

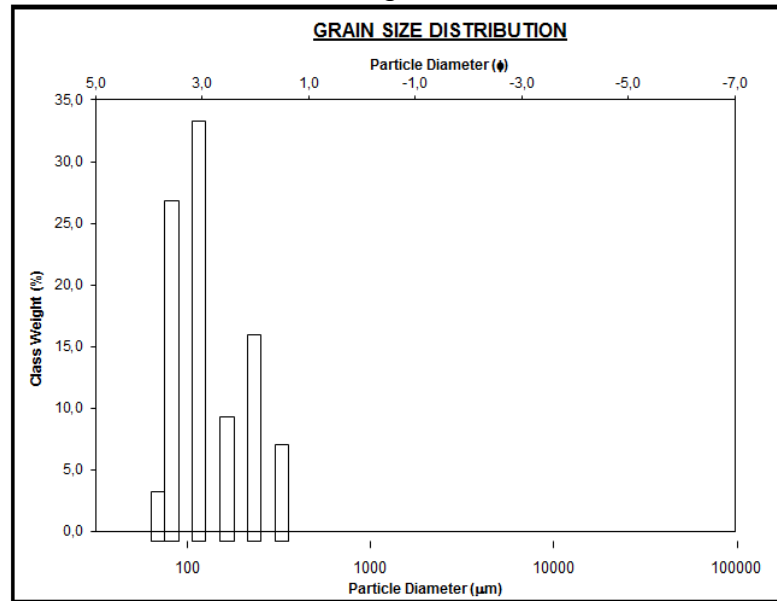
Fuente: Realizado por el autor.

- **Muestra IBA-043**

La muestra IBA-043 es platicúrtica, como se puede ver en la Figura 55, indicando que la distribución del diámetro del grano tiene un rango de valores que sobresale por encima del resto, es decir que hay una predominancia marcada y un poco “ancha” debido a que son dos picos. Este dominio se ubica hacia la izquierda, entre los tamaños más finos, específicamente arena muy fina. Esto concuerda con la definición del depósito de llanura de inundación, en el cual se encuentra la muestra.

La simetría de esta muestra tiene un sesgo muy grueso y al observar la distribución, se advierte que hay dos valores cercanos con los picos más altos, es decir que la simetría es gruesa, por así decirlo. Revelando, también la predominancia de la composición de arena muy fina de la muestra.

Figura 55. Distribución del tamaño de grano de la muestra IBA-043



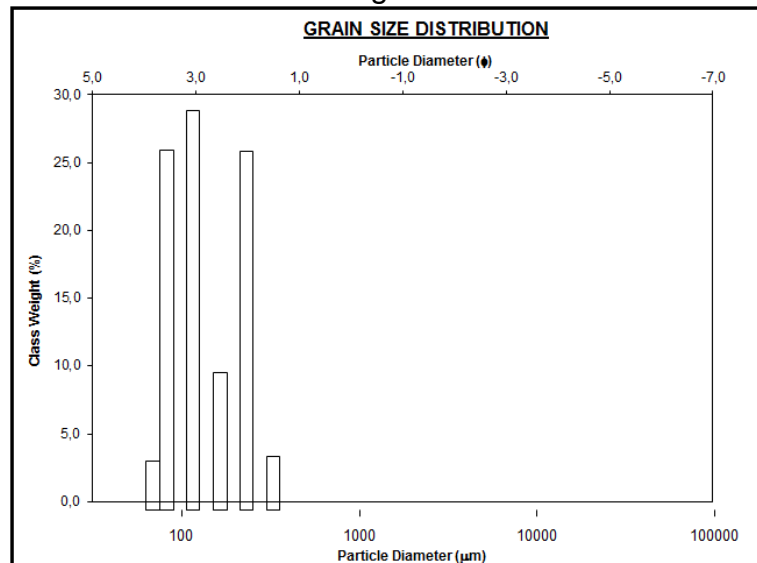
Fuente: Realizado por el autor.

- **Muestra IBA-035**

La muestra IBA-035 presenta una curtosis muy platicúrtica (Figura 56), ya que tiene 3 picos de altura cercanos haciendo que la curva sea, de alguna forma, ancha en el tope. Estos valores están en el rango de arena fina a muy fina, siendo el tamaño muy fino el de mayor predominancia, ubicados hacia la izquierda de la gráfica. Esta muestra hace parte del depósito de penillanura (Qp) que en su definición incluye los tamaños de grano lodo-arenosos, es decir que está en el rango del depósito.

La simetría de sesgo grueso se refleja en la gráfica de la Figura 56 puesto que, como se mencionó antes, hacia el tope tiene una tendencia a ser ancha por los 3 picos definidos.

Figura 56. Distribución del tamaño de grano de la muestra IBA-035



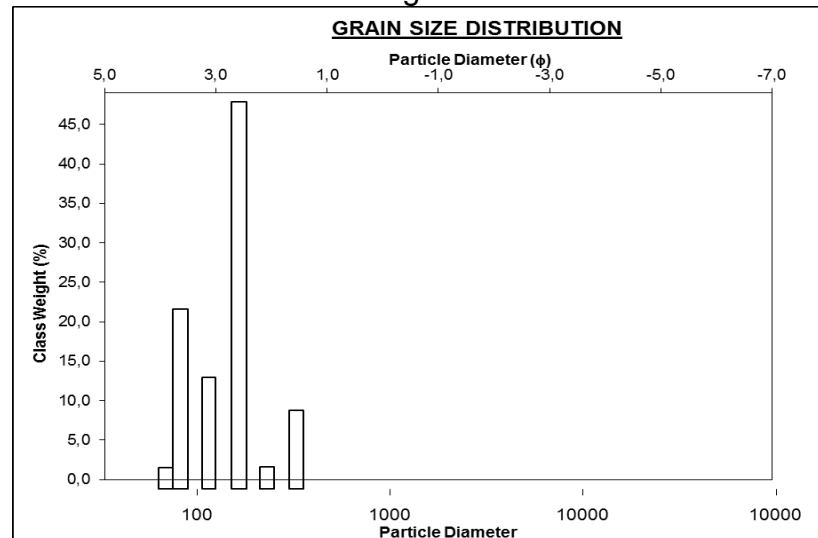
Fuente: Realizado por el autor.

- **Muestra IBA-025**

La curtosis en la muestra IBA-025 es diferente a las anteriores porque es mesocúrtica, lo que denota que no tiene una tendencia muy marcada como las anteriores, es decir que la forma de la gráfica hacia los valores menores disminuye de manera casi uniforme (Figura 57). El depósito de esta muestra es de penillanura (Qp) y según el análisis granulométrico el valor predominante de tamaño de grano es arena fina, concordante con la definición de la muestra y lo visto en campo.

La simetría en este caso fue clasificada como sesgo muy fino, en la gráfica de la Figura 57 se puede notar con el pico de mayor tendencia dado que los otros valores son notablemente menores, haciendo que la simetría sea angosta hacia la punta de la gráfica. Todo lo mencionado anteriormente prueba que la muestra tiene un sorteamiento moderadamente bueno.

Figura 57. Distribución del tamaño de grano de la muestra IBA-025

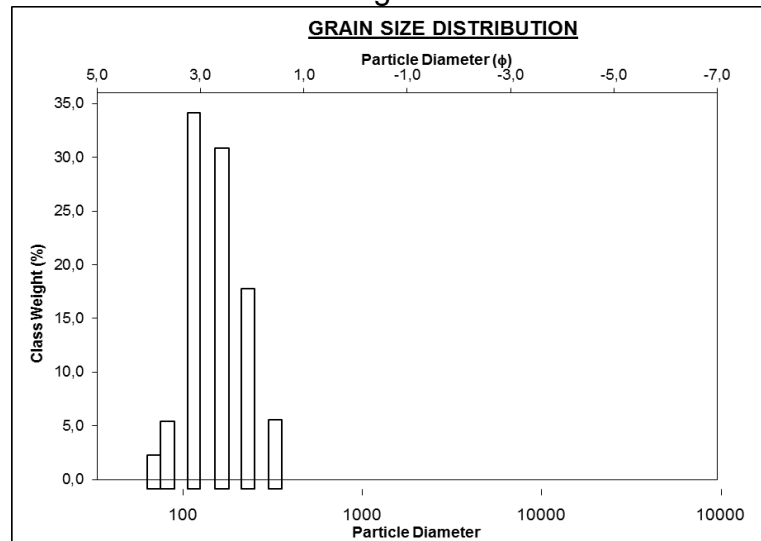


Fuente: Realizado por el autor.

- **Muestra IBA-022**

El tipo de curtosis de la muestra IBA-022, leptocúrtico, es diferente a todas las otras muestras y es fácil de percibir en su gráfica (Figura 58) debido a que su tendencia a ser de fino a muy fino es muy marcada con respecto a los otros valores mostrando un cambio drástico con respecto a los valores de menor tendencia. Esto le da un aspecto delgado y alargado a la gráfica, típica característica de la leptocurtosis. Esta muestra se encuentra en el depósito de penillanura de inundación (QII) en cercanías al caño Gavilán y su tamaño de grano, predominante fino, es concordante con la definición del depósito.

Figura 58. Distribución del tamaño de grano de la muestra IBA-022



Fuente: Realizado por el autor.

7.3.2.2 ANÁLISIS MACROSCÓPICO DE LAS MUESTRAS TAMIZADAS

Las muestras se miran a través de una lupa binocular (Figura 59), para analizar los granos y describirles su composición, forma y color, tratando de dar un porcentaje. Igualmente se le toma la foto de aquello que sea de interés.

Figura 59. Lupa Binocular



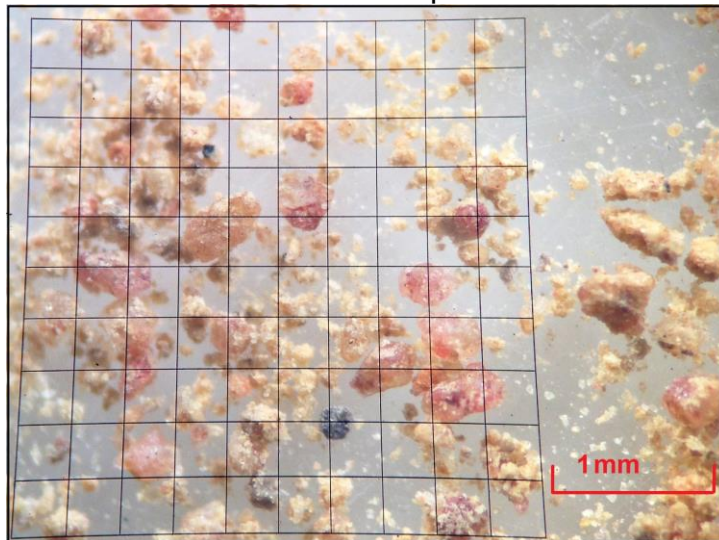
Fuente: Tomada por el autor.

Los resultados obtenidos del análisis con la lupa a escala macroscópica son descritos a continuación para cada una de las 6 muestras.

- **Muestra IBA-022**

Esta muestra pertenece al depósito no consolidado Qpi de tamaño de grano arena fina. El armazón está compuesto por un contenido alto de cuarzo, alrededor del 42% de color crema/lechosos, subredondeados de alta esfericidad. También se notan unos granos de tonalidades rojizas, subangulares a subredondeados de baja esfericidad en un porcentaje de 30% (Figura 60). Además se presentan unos granos negros subredondeados de alta esfericidad en un porcentaje de 3%. Por último se distingue un material más fino en un porcentaje del 25% de color crema. En general se percibe el grado moderadamente bueno de sorteamiento.

Figura 60. Foto de la muestra IBA-022 en lupa con aumento de 3x



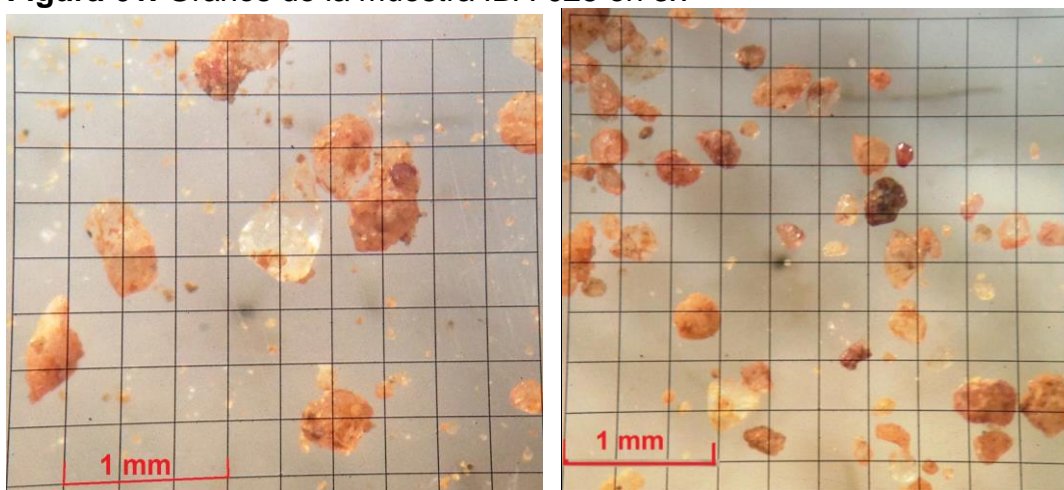
Fuente: Realizado por el autor.

- **IBA-025**

Esta muestra pertenece al depósito no consolidado Qp (penillanura) de tamaño de grano arena fina donde se distinguen los cuarzos lechosos y

manchados de tonalidades rojizas, subredondeados a subangulares de alta esfericidad, con un porcentaje del 33% (Figura 61, imagen de la derecha). Los cuarzos hialinos son subangulares de alta esfericidad en un 5% como se observan en la Figura 61, imagen de la izquierda. Así mismo, se presentan unos granos de color negro, subredondeados de alta esfericidad en un 2%, y por último se encuentra un material más fino de color crema en un porcentaje del 60%.

Figura 61. Granos de la muestra IBA-025 en 3x

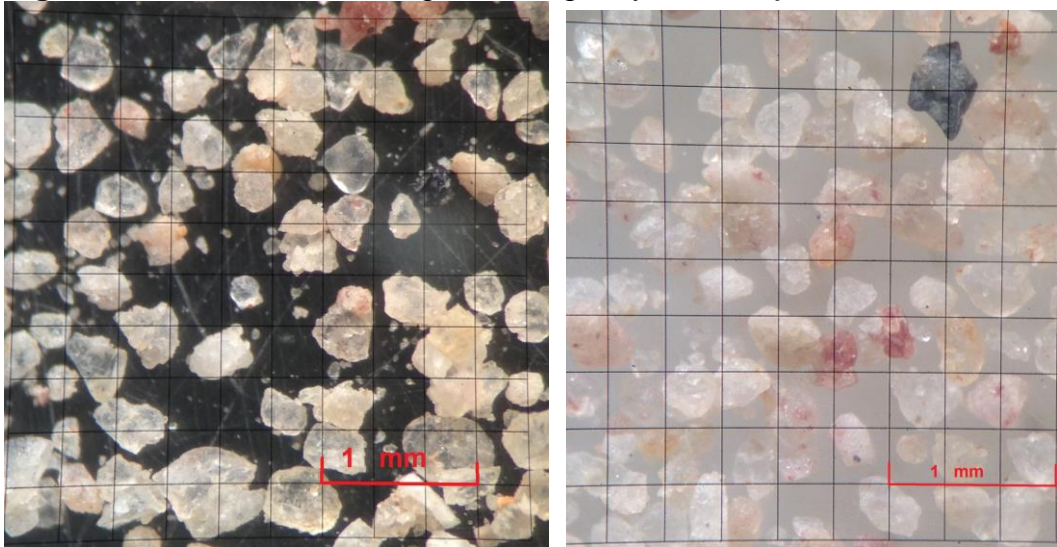


Fuente: Tomada por el autor.

- **IBA-026**

Esta muestra pertenece al depósito no consolidado Qac (aluviales de cauce) y a primera vista tiene una tonalidad muchos más clara que las anteriores muestras. El tamaño de grano predominante es de arena fina con unos cuarzos de hialinos a lechosos subangulares a subredondeados de baja esfericidad, en un porcentaje de 35% (Figura 62 izquierda). Aquí se presentan, igualmente, los granos de color negro subangulares de baja esfericidad en un porcentaje muy bajo, 2%. Además se distinguen unos granos de tonalidades rojizas, subangulares de baja esfericidad (3%) (Figura 62 derecha). El material que es más fino presenta el mayor porcentaje 60%.

Figura 62. Cuarzos hialinos, granos negros y líticos rojos, muestra IBA-026

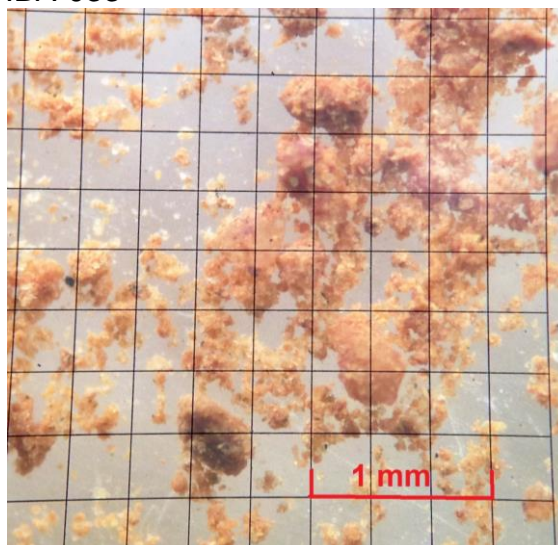


Fuente: Tomada por el autor.

- **IBA-033**

La muestra pertenece al depósito Qp que tiene un tamaño de grano principalmente de arena fina, de color pardo. Está compuesta por un material más fino, en un 70% de color pardo (Figura 63), acompañado por unos granos de cuarzo hialino subangulares de baja esfericidad en un 2%. Los otros cuarzós se presentan de tonalidades más parduzcas, subangulares de alta esfericidad en un porcentaje del 26% junto con los granos de color negro subredondeados de baja esfericidad en un 2%.

Figura 63. Muestra IBA-033



Fuente: Realizado por el autor.

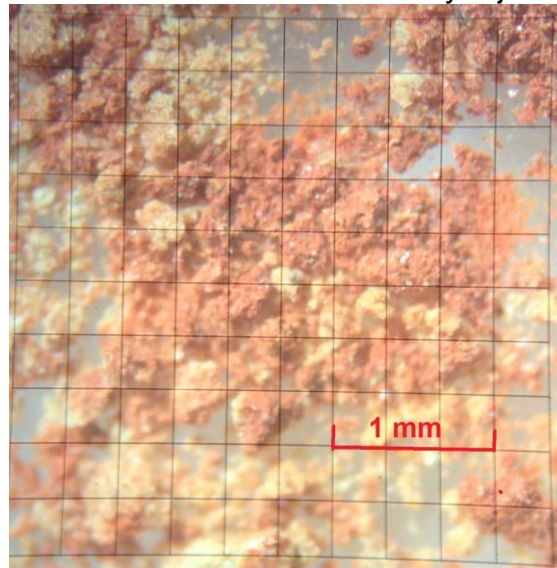
- **IBA-035**

Muestra al depósito Qp con granos de tonalidades pardas de tamaño arena fina, compuesto por unos granos de cuarzo hialino, cuarzoes manchados de colores rojos y los granos de color negro. Los cuarzoes de color crema o lechosos se presentan subangulares de alta esfericidad y en un 20%. Los líticos rojos se presentan en un 5%, los cuarzoes limpios en un 3% y los granos de color negro se presentan en un 2%. Por último el material más fino se presenta en un 60% de color pardo crema.

- **IBA-043**

Esta muestra es del depósito Qll de tamaño de arena fina con un color que se divide entre pardo-rojizo y crema (Figura 64). Además se observa que los líticos rojos son subredondeados de alta esfericidad en 1%, los granos de cuarzo color crema subangulares de baja esfericidad (3%), el cuarzo hialino es subangular de baja esfericidad y por último el material de un tamaño más fino, posiblemente limo, que constituye la mayoría de la muestra (95%).

Figura 64. Muestra IBA-043 de tonalidades crema y rojizas



Fuente: Realizado por el autor.

A raíz del análisis de las muestras seleccionadas, se puede concluir que el origen de estos depósitos es de la cordillera Oriental, evidenciado por el alto contenido de cuarzo, el cual ha sido retrabajado y ha sufrido transporte. Esto se ve reflejado en la redondez de los granos, en la predominancia del tamaño de grano fino a muy fino y que las muestras están moderadamente bien seleccionada.

7.4 ANÁLISIS DE LA GEOMORFOLOGÍA ESTRUCTURAL

Las propiedades lineales de la red de drenaje permiten deducir en una primera instancia la interacción entre el sistema fluvial y las demás características ambientales del territorio de la cuenca, tales como geología y estructura geológica, energía del relieve y pendiente, suelos dominantes e impermeabilidad, vegetación dominante y uso del suelo (Mariano, 1991). Con esto en mente se propone el capítulo de Geomorfología Estructural donde a raíz de ciertos rasgos geomorfológicos como el análisis de los drenajes de la zona, se logre llegar a conclusiones respecto a las estructuras que se presenten. Igualmente están interrelacionadas puesto que la parte estructural



Libertad y Orden

**SERVICIO GEOLÓGICO
COLOMBIANO**

República de Colombia



Universidad
Industrial de
Santander



afecta los rasgos geomorfológicos como, por ejemplo la manera en que fluyan las corrientes y que tipo de drenaje se genera.

7.4.1 JERARQUIZACIÓN Y RECTIFICACIÓN DE LOS DRENAJES DE LA PLANCHA 216

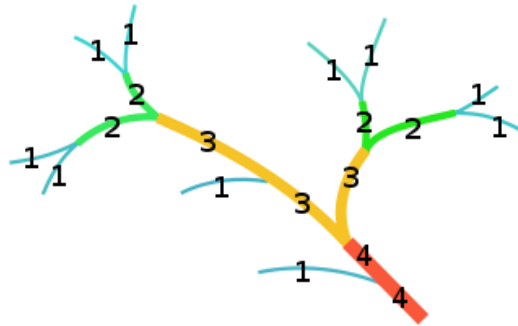
Para poder llevar a cabo este procedimiento con los drenajes de la Plancha 216, es necesario entender la teoría que plantean los autores Strahler (1957) y Scheidegger (2004), quienes explican paso a paso como realizarlo a continuación.

7.4.1.1 JERARQUIZACIÓN DE LA RED DE DRENAJE

Según Strahler (1957), el primer paso para realizar el análisis de una cuenca hidrográfica es la jerarquización. Para realizar esto se asume que el mapa de la cuenca incluye todos los drenajes, ya sean intermitentes o permanentes, y que estos estén bien definidos, a raíz de esto, al tributario más pequeño, se le asigna el orden 1. Donde se encuentren dos tributarios de orden 1, el siguiente segmento es de orden 2; donde se encuentren dos tributarios de orden 2, el siguiente es de orden 3, y así sucesivamente, como se observa en la Figura 65. El drenaje que recibe el agua de todos los otros drenajes, será el que tenga mayor orden.

La utilidad de la jerarquización depende de si la sección que se analice sea lo suficientemente grande, ya que así la jerarquización será relativamente proporcional a la dimensión de la cuenca (Strahler, 1957).

Figura 65. Jerarquización de la red de drenaje



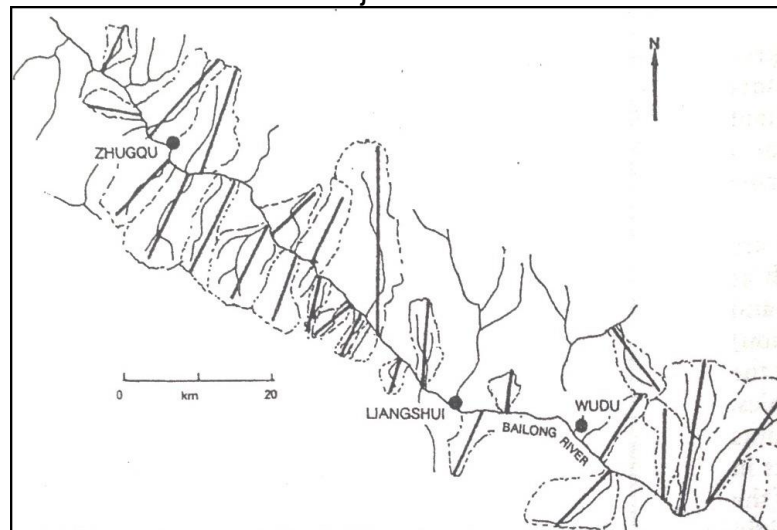
Fuente: Tomado de la página web Wikipedia.

7.4.1.2 CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS

Scheidegger, (2004) dice que muchas características morfológicas son representadas por líneas sinuosas en una superficie de dos dimensiones, usualmente plasmadas en un mapa. Tanto las líneas como el conjunto de ellas tienen estructuras de orientación las cuales pueden ser analizadas por diversos métodos, los cuales están diseñados para hacer análisis estadístico de elementos lineales. Debido a esto es necesario realizar una rectificación de los conjuntos de líneas sinuosas para lograr obtener una serie de números que representan azimuts.

Con respecto a la red de drenaje, esta es considerada como una gráfica en forma de árbol que tiene una ramificación. Cada punto final de una rama (vértice libre) y cada punto de unión de la gráfica (vértice interno), están marcados en el mapa; entonces las líneas sinuosas son reemplazadas por líneas rectas entre los vértices, (Scheidegger, 2004) como se puede observar en la Figura 66 con un segmento del Rio Bailong en China. A estas líneas rectas se les puede medir su longitud y su orientación (azimut).

Figura 66. Rectificación de los drenajes

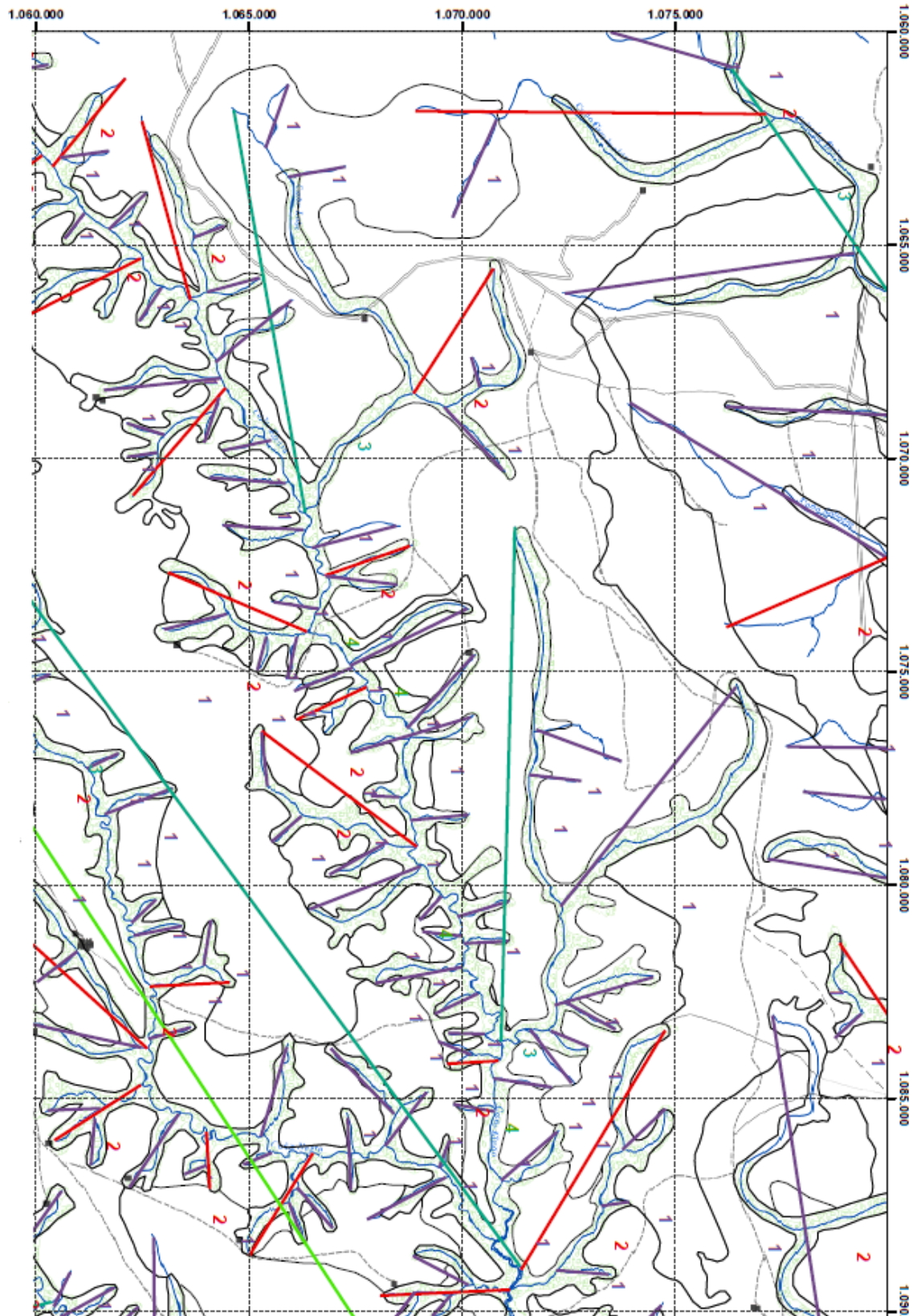


Fuente: Tomado y modificado de Scheidegger, (2004).

Teniendo esto en cuenta, se llevó a cabo primero la jerarquización de todos los drenajes presentes en la plancha 216 a escala 1:100.000. Para poder diferenciar la jerarquización de cada tributario se les asignó un color por orden. Los tributarios de orden 1 son de color morado, los de orden 2 son de color naranja, los de orden 3 son de color aguamarina, los de orden 4 son de color verde y el drenaje principal de la plancha, El caño Gavilán de orden 5, el cual atraviesa de extremo a extremo el mapa, es de color rosado.

Una vez terminado la jerarquización, se hizo la debida rectificación de cada uno de los drenajes. Para realizar esto, se tuvo en cuenta la tendencia que llevaban los drenajes desde los más pequeños hasta el drenaje principal y se unieron los nodos que conforman el drenaje, como se observa en Figura 67, donde se plasma el resultado de los dos procedimientos.

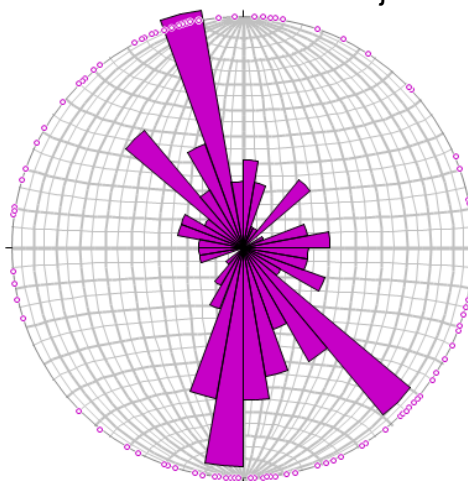
Figura 67. Mapa de jerarquización y rectificación



Fuente: Realizado por el autor.

Cuando se lleva a cabo la jerarquización de la plancha 216, es evidente la gran cantidad de drenajes de orden 1 que se presentan por toda la plancha, especialmente en las zonas donde, como ya ha sido mencionado, presentan drenajes tipo subdendrítico, ubicados entre los caños Gavilán y Negro. La orientación de los drenajes tipo 1 es variada y no hay una tendencia prominente, como se observa en la Figura 68.

Figura 68. Roseta de las tendencias de los drenajes de Orden 1

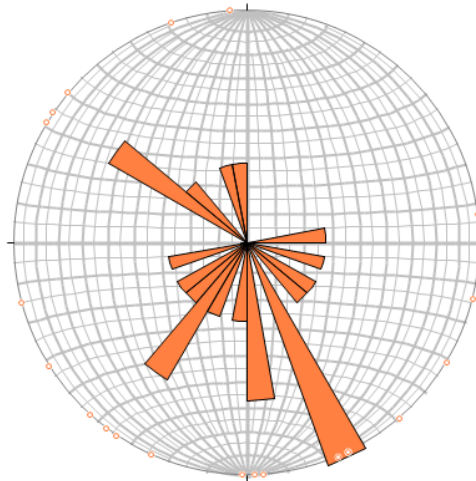


Fuente: Realizado por el autor.

Además se observa que, en las zonas donde los drenajes son de tipo subparalelo, los drenajes de orden 1 presentan una mayor longitud, debido a que esas zonas no son disectadas.

Los drenajes de orden 2, al igual que los de orden 1, se presentan por toda la plancha, con mayor frecuencia en las zonas disectadas de la plancha. En cercanía a los drenajes subdendríticos, los drenajes tipo 2 tienden a ser muchos más cortos que los drenajes ubicados en las sabanas. Estos drenajes tampoco exhiben una orientación o tendencia marcada, como se observa en la Figura 69.

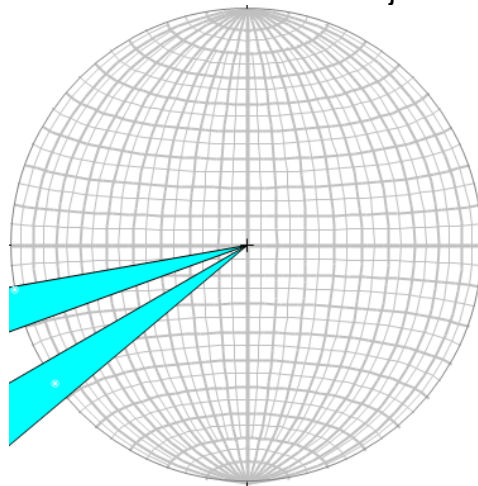
Figura 69. Roseta de las tendencias de los drenajes de orden 2



Fuente: Realizado por el autor.

Los drenajes de orden 3, 4 y 5 se presentan con menos abundancia a medida que aumenta su orden. Debido a esto de orden 3 solo se encuentran 2 drenajes, con tendencia hacia el SW-W, como se puede observar en la Figura 70.

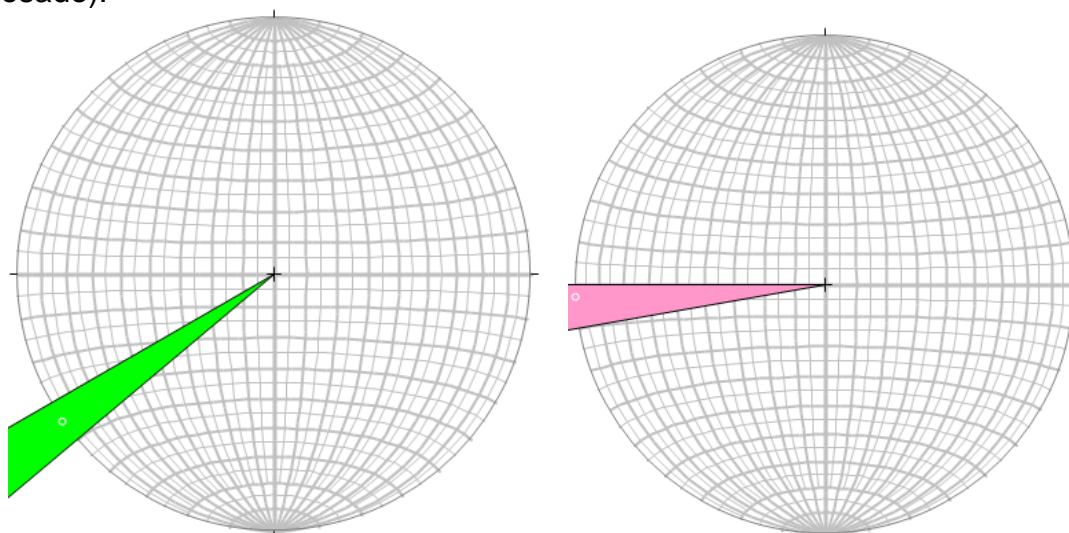
Figura 70. Roseta de las tendencias de los drenajes de orden 3



Fuente: Realizado por el autor.

Para los drenajes de orden 4 y 5 solo hay 1 dato de cada uno, y se observa una tendencia muy marcada y evidente en dirección SW-W, como se evidencia en la Figura 71. Esta misma dirección es la que mantienen los grandes drenajes con tendencia a ser subparalelos, lo cual concuerda con lo que plantea De la Espriella, (1990) quien dice que la zona muestra grandes lineamientos, con una dirección principal N 70°-80° E, que es la dirección predominante en la mayoría de los drenajes principales en la Cuenca de los Llanos Orientales de Colombia, como el río Meta.

Figura 71. Rosetas de tendencia de los drenajes de orden 4 (verde) y 5 (rosado).



Fuente: Realizado por el autor.

7.4.2 MEDICIÓN DE LA ASIMETRÍA DE UNA CUENCA

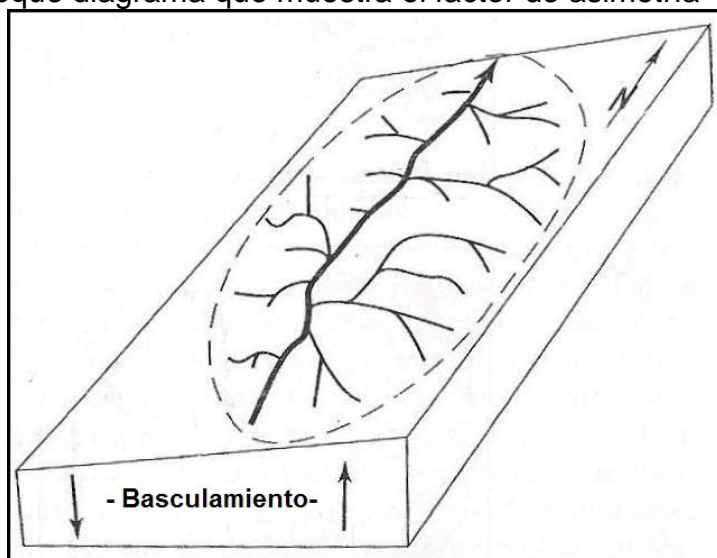
Para Keller & Pinter, (1996), la geometría de la red de drenaje se puede describir de diferentes formas, de manera cualitativa y cuantitativa. Donde se desarrollan los drenajes en presencia de una deformación tectónica activa, la red a menudo tiene un patrón y geometría distintiva. El Factor de Asimetría se desarrolló para detectar el basculamiento en las cuencas hidrográficas o en zonas amplias.

El factor de asimetría (AF) se define por:

$$AF = 100 (A_r / A_t)$$

donde A_r , es el área de la cuenca hacia la derecha (río abajo) del drenaje principal, y A_t es el área total de la cuenca. Para una red de drenaje que se formó y sigue su flujo estable, el valor del AF debería ser cercano a 50. El AF es sensible al basculamiento perpendicular a la tendencia del drenaje principal. Los valores de AF mayores o menores de 50 sugieren una inclinación. Por ejemplo, si en una cuenca donde el drenaje principal fluye hacia el norte y la rotación tectónica es en dirección oeste, hacia abajo (Figura 72), los tributarios ubicados al este (derecha) del drenaje principal serán más largos en comparación con los tributarios ubicados al oeste (izquierda). En este caso el valor de AF es mayor de 50, si el basculamiento se diera en la otra dirección, y los afluentes más largos estuvieran en el lado izquierdo del drenaje principal, el valor de AF , sería menor a 50.

Figura 72. Bloque diagrama que muestra el factor de asimetría



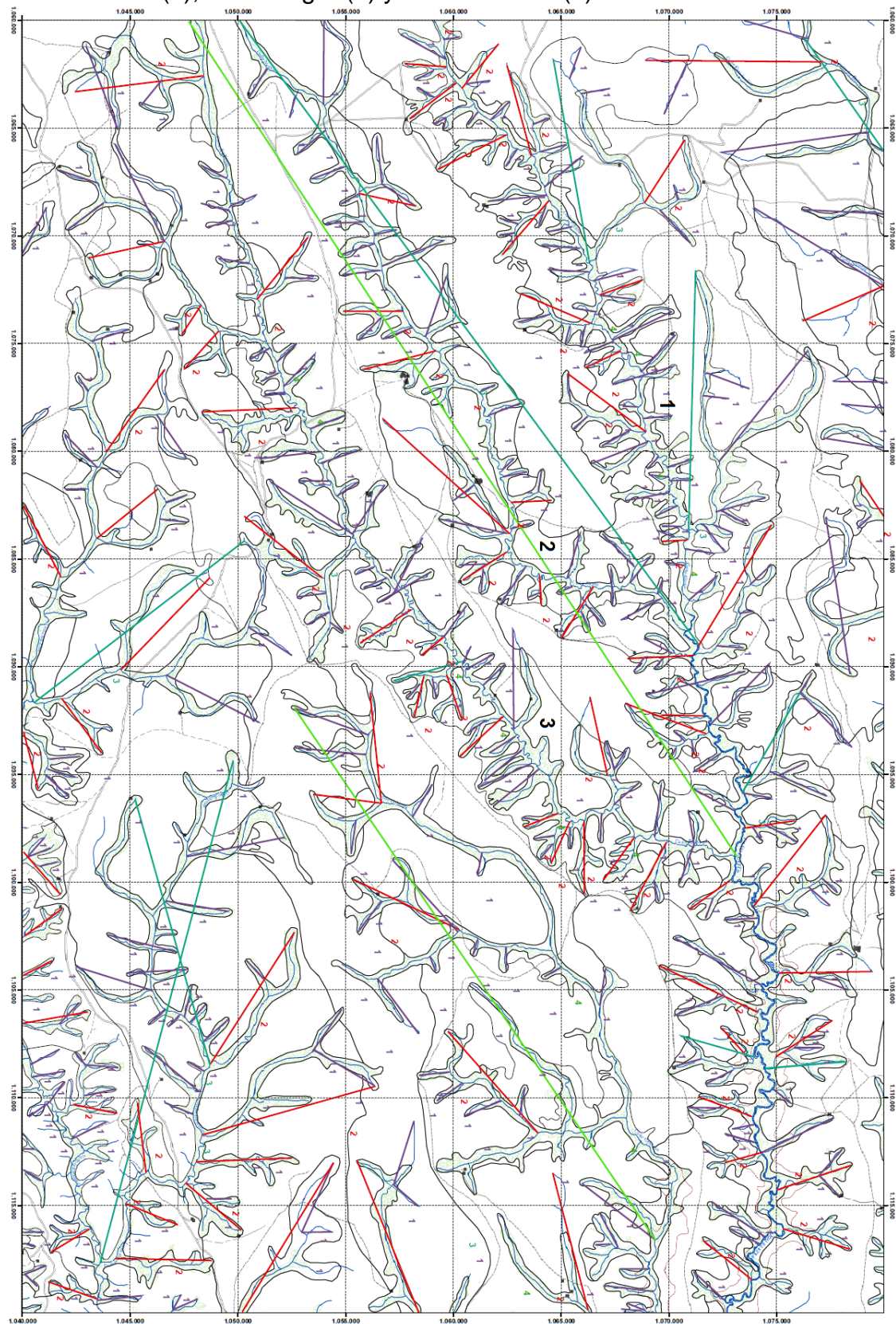
Fuente: Tomado y modificado de Keller & Pinter, (1996).



Se escogieron las 3 cuencas principales del mapa las cuales tienen un rasgo geomorfológico peculiar, son subparalelas entre sí. Esto se presenta en caños Gavilán, Negro y Boral (Figura 73).

Teniendo en cuenta que estos 3 caños fluyen hacia el NE, con un ángulo en promedio de 61° , tienen una orientación casi W-E, razón por la cual se habla de la parte sur y norte del drenaje principal. Se midieron las áreas de cada una de estas cuencas junto con el área sur y se obtuvieron los siguientes resultados.

Figura 73. Mapa de rectificación donde se observa los caños subparalelos, caño Gavilán (1), caño Negro (2) y caño El Boral (3).



Fuente: Realizado por el autor.

7.4.2.1 Cuenca del caño Gavilán

El Factor de Asimetría (AF) en el caño Gavilán se calculó por medio de la medición del área total de la cuenca del caño Gavilán y la parte sur del drenaje principal, río abajo. Esta medición se hizo por medio del programa ArcGIS, delimitando las cuencas con polígonos y así obteniendo el área. El valor de A_t (área total de la cuenca), en el caño Gavilán es de 201.6 Km² y el valor de A_r (parte sur) es de 67.7 Km².

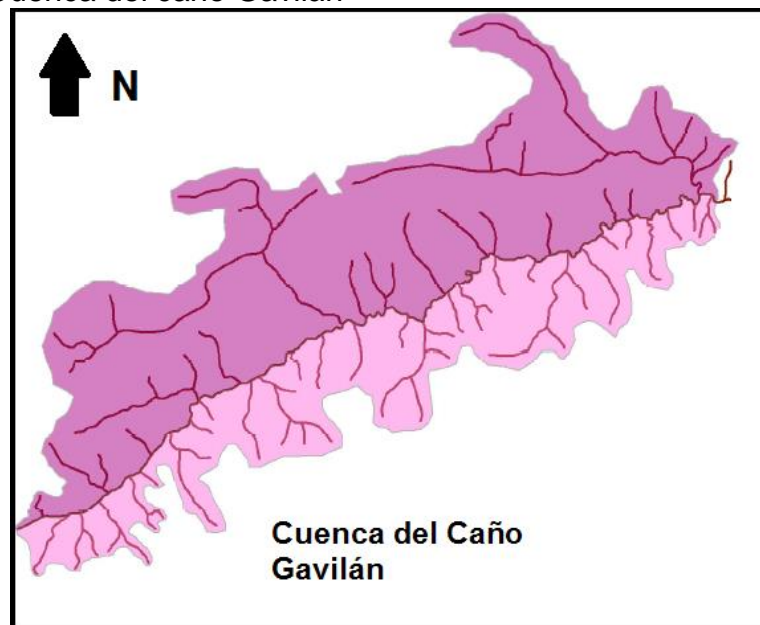
$$AF = 100 (A_r / A_t)$$

$$AF = 100 (67.7 \text{ Km}^2 / 201.6 \text{ Km}^2)$$

$$AF = 33.6$$

El valor obtenido es menor de 50 (33.6) lo cual indica que se presentan un basculamiento en sentido SE, indicando que los drenajes en la parte norte del caño Gavilán son más extensos que los de la parte sur. Este cambio de longitud se evidencia en el mapa (Figura 74).

Figura 74. Cuenca del caño Gavilán



Fuente: Realizado por el autor.

7.4.2.2 Cuenca del caño Negro

Se le aplicó a la cuenca del caño Negro el factor de asimetría por medio del cálculo del área total de la cuenca y del área sur del drenaje principal. El área de toda la cuenca se representa con A_t y su valor es de 149.7 Km^2 ; el área sur lo representa A_r y su valor es 85 Km^2 , al aplicarlo en la ecuación se obtiene:

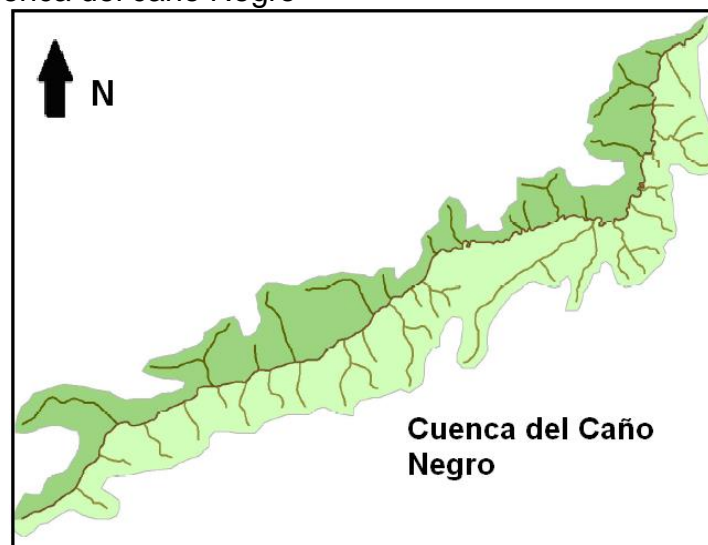
$$AF = 100 (A_r / A_t)$$

$$AF = 100 (85 \text{ Km}^2 / 149.7 \text{ Km}^2)$$

$$AF = 56.8$$

El resultado del factor de asimetría es un valor superior a 50, implica que se presenta un basculamiento en sentido NW lo cual se puede observar en la Figura 75, pues los drenajes en la parte sur del caño principal (color verde claro) tienden a ser más largos que los drenajes ubicados en la parte norte (verde oscuro). Este rasgo geomorfológico del largo de los drenajes facilita la identificación y comprobación del factor de asimetría. Sin embargo se puede observar de igual manera que la cuenca tiene una tendencia a ser simétrica ya que el valor AF no está muy lejos de 50.

Figura 75. Cuenca del caño Negro



Fuente: Realizado por el autor.

7.4.2.3 Cuenca del caño El Boral

El cálculo del factor de asimetría para el caño el Boral tiene los valores de 273.9 Km² para A_t y 197.9 Km² para A_r. Los resultados del procedimiento son,

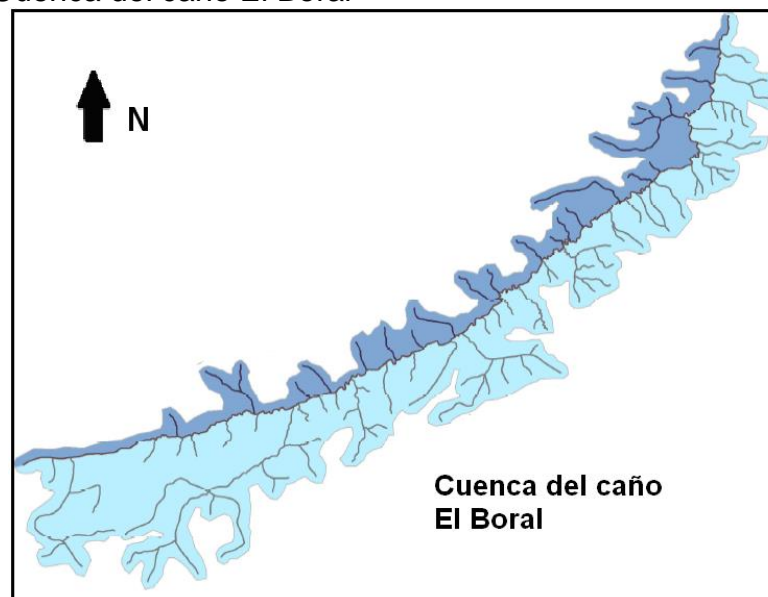
$$AF= 100 (A_r / A_t)$$

$$AF= 100 (197.9 \text{ Km}^2 / 273.9 \text{ Km}^2)$$

$$AF= 56.8$$

El valor del AF es mayor de 50, indicando que hay un basculamiento en sentido NW, representado por la diferencia en extensión de los drenajes ubicados en el sector norte (azul oscuro) y sur (azul claro) del drenaje principal, como se evidencia en la Figura 76. En este caso los que están ubicados hacia el sur son de mayor extensión, lo cual coincide con la teoría de Keller & Pinter, (1996) explicado en el bloquediagrama de la Figura 72.

Figura 76. Cuenca del caño El Boral

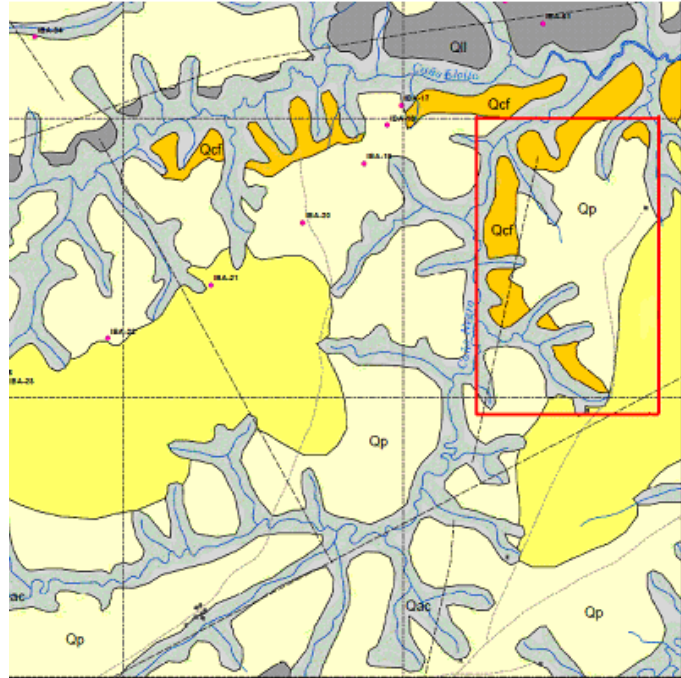


Fuente: Realizado por el autor.

Los resultados obtenidos de las cuencas de los caños Negro y el Boral da una explicación al hecho de que solamente en la parte sur de estos dos caños se

presentan los depósitos asociados a las costras ferruginosas (Qcf), esto se ve reflejado en la Figura 77 (dentro del recuadro rojo).

Figura 77. Ubicación del depósito Qcf en el lado este del caño Negro



Fuente: Realizado por el autor.

Debido a la inclinación del basculamiento presente en el caño Negro hace que el área sur del drenaje se levante, facilitando y agilizando la erosión del depósito Qcf, el cual infrayace a todos los demás depósitos del cuaternario. Al ser más erosionado el sector sur que el sector norte, la exposición de las costras ferruginosas en un solo lado del drenaje se hace clara. Además el hecho de que el sector norte esté ubicado en la parte baja de la inclinación se presta para que en el momento en que se desborda el drenaje, se de la formación del depósito Qll.

Analizando de manera regional los 3 caños con los valores del factor de asimetría se observó que hacia el caño El Boral y Negro se presenta un basculamiento en la misma dirección, aunque en el caño Negro es de un porcentaje menor en comparación con el del caño El Boral. Esto es



Libertad y Orden

**SERVICIO GEOLÓGICO
COLOMBIANO**

República de Colombia



evidenciado por los drenajes extensos de la parte sur del caño Boral y por el cambio de tipo de drenaje, ya que en la parte norte del caño los drenajes son subdendríticos y con mayor densidad, a diferencia de la parte sur donde los drenajes son extensos, con tendencia ser subparalelos y de menor densidad.

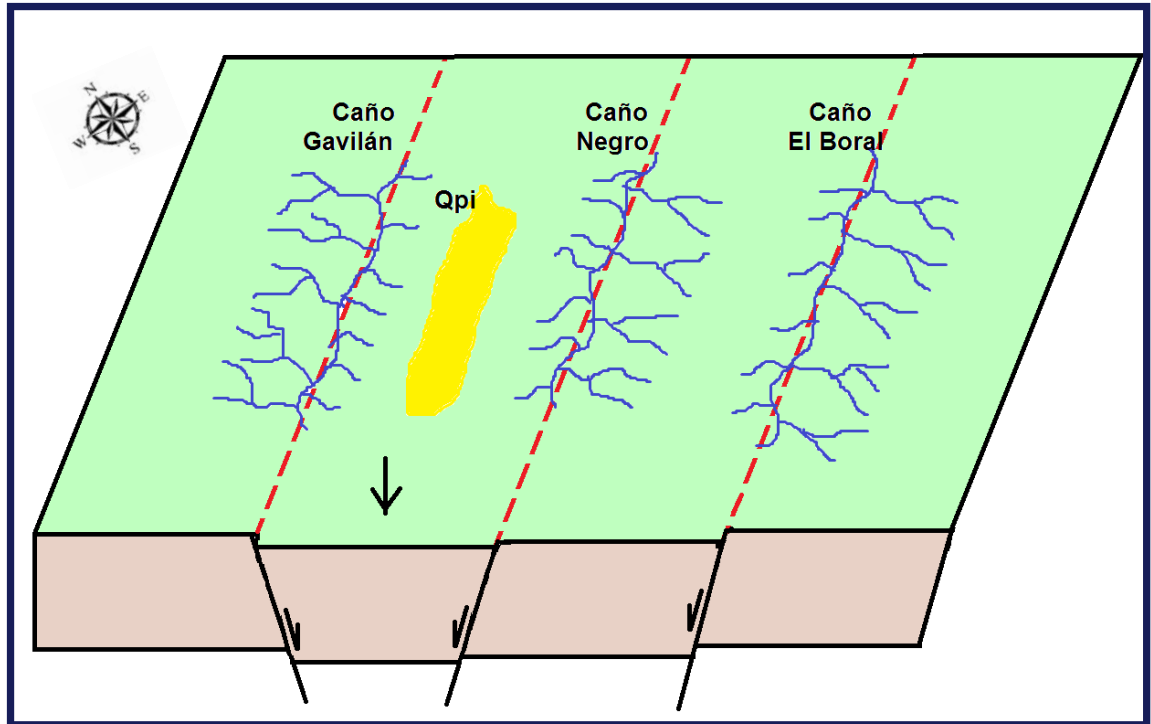
En los caños Negro y El Boral se da el cambio de los basculamientos, el cual no es muy marcado debido a que el grado del factor de asimetría del caño Negro es bajo (56.8), y el que se presenta en el caño El Boral es alto (72.2). Teniendo en cuenta que estos basculamientos se dan en la misma orientación NW, se entiende que cuando finaliza la inclinación del caño El Boral, comienza la de la cuenca del caño Negro, como se observa en el bloquediagrama (Figura 78). En esta divisoria de aguas se presentan los depósitos de penillanura (Qp), los cuales tienen este rasgo geomorfológico de ubicación, como una característica para identificarlos.

Entre los caños Negro y Gavilán se observa que el basculamiento se da en sentidos contrarios, el caño Negro se inclina hacia el NW y la cuenca del caño Gavilán se inclina hacia el SE. Al tener basculamientos en dirección contraria, sobre la divisoria de aguas se genera una depresión que se presenta entre las cuencas de los caños Boral y Negro (Figura 78). Asimismo se ve que donde termina la inclinación de la cuenca del Gavilán también termina la inclinación de la cuenca del Caño Negro, que al observar el diagrama se ve como la topografía baja por ambos lados de las cuencas, teniendo como resultado un relieve bastante menor al que se evidencia en la divisoria de aguas de las otras dos cuencas. Esto influye en el tipo de depósito que se forme en la divisoria de aguas. En este caso se forman los depósitos de penillanura inundable (Qpi), los cuales tienen la particularidad de ubicarse sobre la divisoria de aguas, pero debido al bajo nivel topográfico que tiene por el basculamiento de las cuencas, se inunda con facilidad en la época de invierno.

Teniendo en cuenta que la zona de estudio se encuentra en cercanías al río Meta por el lado este, se dedujo que el trazo de la falla del río Meta,

mencionada en el capítulo 4 de Geomorfología, es el encargado de hundir el lado oeste del río y generar el basculamiento de la cuenca del caño Gavilán el cual es el drenaje más cercano al río Meta. Esto se evidencia por el alto grado del factor de asimetría de esta cuenca, 66.4, hacia el lado norte de la cuenca.

Figura 78. Bloquediagrama del basculamiento de las cuencas hidrográficas



Fuente: Realizado por el autor.



Libertad y Orden

**SERVICIO GEOLÓGICO
COLOMBIANO**

República de Colombia



Universidad
Industrial de
Santander



8. CONCLUSIONES

- Se realizó una cartografía geológica a escala 1:50.000 de la plancha 216-I del Departamento del Vichada, la cual proporciono conocimiento sobre la zona que esta pobremente estudiada a nivel nacional. Se identificaron, describieron y discriminaron los diferentes depósitos cuaternarios presentes en el departamento del Vichada. De esta manera se logró actualizar el mapa de la zona, el cual beneficiara futuros estudios en la zona tanto de interés económico como los de suelos.
- Mediante la interpretación de imágenes satelitales y realización cartografía geológica se logra identificar dos tipos diferentes de drenajes, uno ubicado hacia el NW de la plancha, con rasgos geomorfológicos como tener una baja densidad de corrientes, tendencia a ser subparalelos y extensos. El otro tipo está ubicado hacia el SE con mayor densidad de drenajes y es de tipo subdendritico, lo cual sugiere un cambio en la topografía.
- Basados en los trabajos de laboratorio y las observaciones realizadas en campo, se lograron identificar los depósitos cuaternarios asociados a costras ferruginosas (Qcf), depósitos de peninllanura (Qp), depósitos de llanura de inundación (QII) y depósitos aluviales de cauce (Qac).
- Se identificó y caracterizó un nuevo depósito cuaternario, llamado Qpi. Entre los rasgos geomorfológicos importantes de este depósito que permitieron su caracterización, se encuentra la facilidad de inundarse a pesar de su ubicación en la divisoria de aguas.



Libertad y Orden

**SERVICIO GEOLÓGICO
COLOMBIANO**

República de Colombia



- Basado en un modelo geomorfológico-estructural realizado, se reconoció la presencia de basculamientos con trazas en dirección NW y SE. Se plantea que estos son los causantes del patrón subparalelo de los drenajes principales de la zona (caños Gavilán, Negro y El Boral). Además que los depósitos asociados a costras ferruginosas (Qcf) y los de llanura de inundación (QII) se presenten solamente a un lado de los drenajes debido a la facilidad de erosión que proporciona el basculamiento.



Libertad y Orden

**SERVICIO GEOLÓGICO
COLOMBIANO**

República de Colombia



9. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar dataciones de los depósitos a partir de palinología, para determinar la edad de los depósitos con mayor exactitud, al igual que líneas sísmicas y pozos estratigráficos para definir mejor los contactos de las unidades y depósitos presentes.
- Se sugiere continuar con estudios de similar enfoque en las planchas aledañas, lo cual proporcionara mayor solidez al conocimiento geológico regional del área.



BIBLIOGRAFÍA

BAYONA, G.; VALENCIA, A.; MORA, A.; RUEDA, M.; ORTIZ, J.; MONTENEGRO, O. Estratigrafía y procedencia de las rocas del Mioceno en la parte distal de la cuenca antepaís de los Llanos de Colombia. Universidad Nacional de Colombia, Geología Colombiana, 33, pp. 23-46. Bogotá. 2008.

BLOTT, S. GRADISTAT, Grains Size Analysis Program. Department of Geology, Royal Holloway, University of London, UK. 2000.

COOPER, M. A., ADDISON, F. T., ALVAREZ, R., CORAL, M., GRAHAM, R. H., HAYWARD, A. B., HOW, S., MARTINEZ, J., NAAR, J., PEÑAS, R., PULHAM, A. J. AND TABORDA, A. Basin Development and Tectonic History of the Llanos Basin, Eastern Cordillera, and Middle Magdalena Valley, Colombia. AAPG Bulletin, v. 79, pp. 1421-1443. 1995.

CORDANI, U. G.; TEIXEIRA, W., TASSINARI, C. C. G., KAWASHITA, K. and SATO, K., The growth of the Brazilian Shield: Episodes, vol 11 (3): 163-167. 1988.

COROPORINOQUÍA. CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE LA ORINOQUIA. Documento Técnico, Agenda Municipal de La Primavera, Departamento del Vichada. Yopal, Casanare. Febrero del 2008.

COROPORINOQUÍA. CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE LA ORINOQUIA. Documento Técnico, Agenda Municipal de Santa Rosalía, Departamento del Vichada. Yopal, Casanare. Febrero del 2008.

DECELLES, P. G.; GILES, K. A. Foreland Basin Systems. Basin Research, pag. 105-123. 1996.



Libertad y Orden

**SERVICIO GEOLÓGICO
COLOMBIANO**

República de Colombia



DE LA ESPRIELLA, R.; FLÓREZ, C.; GALVIS, J.; GONZÁLES, C.; MARIÑO, J.; PINTO, H. Geología Regional del Norte de la Comisaría del Vichada. Universidad Nacional de Colombia, Geología Colombiana, 17, pp.93-106. Bogotá. 1992.

DIAZ TAMAYO, J. F. Geología Regional Cuenca de los Llanos Orientales. Mayo 2010.

EPISTEMOWIKIA. Página web, http://campusvirtual.unex.es/cala/epistemowikia/index.php?title=Departamento_de_Vichada.

ETNOLLANO. Página web: [http://www.colombia-sa.com /departamentos/vichada/images/mapa_vichada.jpg](http://www.colombia-sa.com/departamentos/vichada/images/mapa_vichada.jpg)

GALVIS, J.; QUINTERO, C. Informe Preliminar de Comisión sobre Aspectos de Muestreo, Geología, Geoquímica y la Génesis Mineral de la Zona Nororiental del Departamento del Vichada. INGEOMINAS, Informe Interno. 14 p. Bogotá. 1998.

GIBBS, A.; BARRON, C. The Guiana Shield Review. Episodes, Vol. 1983, No. 2. 1983.

GÓMEZ, Y.; YORIS, F.; RODRIGUEZ, J.; PORTILLO, F.; ARAUJO, Y. Aspectos Hidrodinámicos, Estructurales y Estratigráficos del Campo Rubiales. Cuenca de los Llanos Orientales, Colombia. Pacific Rubiales Energy. Bogotá. 2009.

GONZÁLES, C.; PINTO, H. Análisis Petrográfico de Rocas Precámbricas al Nororiente de la Comisaría del Vichada. T. Grado, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 1989.



Libertad y Orden

**SERVICIO GEOLÓGICO
COLOMBIANO**

República de Colombia



GONZÁLEZ, C.; PINTO, H. Petrografía del Granito de Parguaza y otras Rocas Precámbricas en el Oriente de Colombia. *Geología Colombiana*, 17, pp 107-121. Bogotá. 1990.

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

GRATEROL, V. & VARGAS, A. Levantamiento Aerogravimétrico y Aeromagnético, Cuenca de los Llanos Orientales, Informe Final de Interpretación. Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH). Diciembre, 2007

GRATEROL, V. Levantamiento Aerogravimétrico y Aeromagnético, Sectores Norte y Oriental de la Cuenca de los Llanos Orientales, Colombia, Informe Final de Interpretación. Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH). Febrero, 2009.

INGEOMINAS. Memoria Explicativa de las planchas 162, 162 Bis, 182 Y 182 Bis Puerto Carreño, Vichada. Bogotá DC. Diciembre del 2009.

INGEOMINAS. Memoria Explicativa de las planchas 159, 160, 161, 179, 180 Y 181 Puerto Carreño, Vichada. Bogotá DC. Diciembre 2010.

KELLER, E.; PINTER, N. *Active Tectonics, Earthquakes, Uplift and Landscape.* Prentice Hall. New Jersey, USA. 1996.

IGAC (INSTITUTO GEOGRÁFICO AGISTÍN CODAZZI). www.igac.gov.co

LOBO-GUERRERO, A, LOBO-GUERRERO LTDA. Estudio Geológico Conceptual del Raudal de Trapichote (Vichada) y de los Embarcaderos de La Primavera (Vichada), La Hermosa (Casanare) y Santa Rosalía (Vichada). IC Ingenieros Consultores Ltda. Bogotá D.C. Febrero de 1986.



MARIANO, J. Manual de Manejo Integrado de Cuencas Hidrográficas. Universidad Federal de Santa María. Santa María. R.S. Brasil. 2a. Edición. 1991.

MCCANDLESS, G. C. Granito del Parguaza, Léxico Estratigráfico de Venezuela. <http://www.pdvsa.com/lexico/p191w.htm>. 1965.

MENDIVELSO, D. Geomorfología de las Planchas No 159, 160, 161, 179, 180 Y 181 Departamento de Vichada, Informe Final. INGEOMINAS. Bogotá. Diciembre 2010.

INGEOMINAS. Geomorfología de las planchas No 159, 160, 161, 179, 180 y 181 Departamento De Vichada, Informe Final. Bogotá. Diciembre de 2010.

NEW GEOLOGY. Cratons: stress melting during the Shock Dynamics event. Página web: <http://www.newgeology.us/presentation41.html>

ORMEÑO, S. Teledetección Fundamental. Universidad Politécnica-Madrid, Escuela Técnica Superior de Ingenieros en Topografía, Geodesia y Cartografía, Departamento de Ingeniería Topográfica y Cartografía. 2006.

POPPE, L.J., ELIASON, A.H., FREDERICKS, J.J. , RENDIGS, R.R., BLACKWOOD D. AND POLLONI, C.F. Grain-Size Analysis of Marine Sediments: Methodology and Data Processing. USGS. Página web: <http://pubs.usgs.gov/of/2000/of00-358/text/chapter1.htm>

SCHEIDEGGER, A. E. Morphotectonics. Springer. Vienna, Austria. 2004.

SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO. Cartografía Geológica y Muestreo Geoquímico de las planchas 201 Bis, 201, 200 Y 199 departamento del Vichada, Memoria Explicativa. Bogotá DC. 2013.



Libertad y Orden

**SERVICIO GEOLÓGICO
COLOMBIANO**

República de Colombia



STRAHLER, A. Quantitative Analysis of Watershed Geomorphology. Transactions, American Geophysical Union, Vol. 38, No. 6. December 1957.

TASSINARI C. C.G., MACAMBIRA M. J.B. Geochronological provinces of the Amazonian Craton. Episodes, 22 (3): 174 – 182. 1999.

TOUSSAINT, J. F. Evolución geológica de Colombia – Precámbrico y Paleozoico – Universidad Nacional de Colombia. Colombia. 227 p. Medellín. 1993.

UJUETA, L. G. Arcos y Lineamientos de Dirección Noroeste-Sureste en las Cuencas Subandinas de Venezuela y Colombia. U. Nal., Geol. Col., (18):95-106. Bogotá. 1993.

VICHADA, COLOMBIA-AMERICA DEL SUR. Página Web. http://www.colombia-sa.com/departamentos/vichada/images/mapa_vichada.jpg

WIKIPEDIA. Main Stem. Página web. http://en.wikipedia.org/wiki/Main_stem

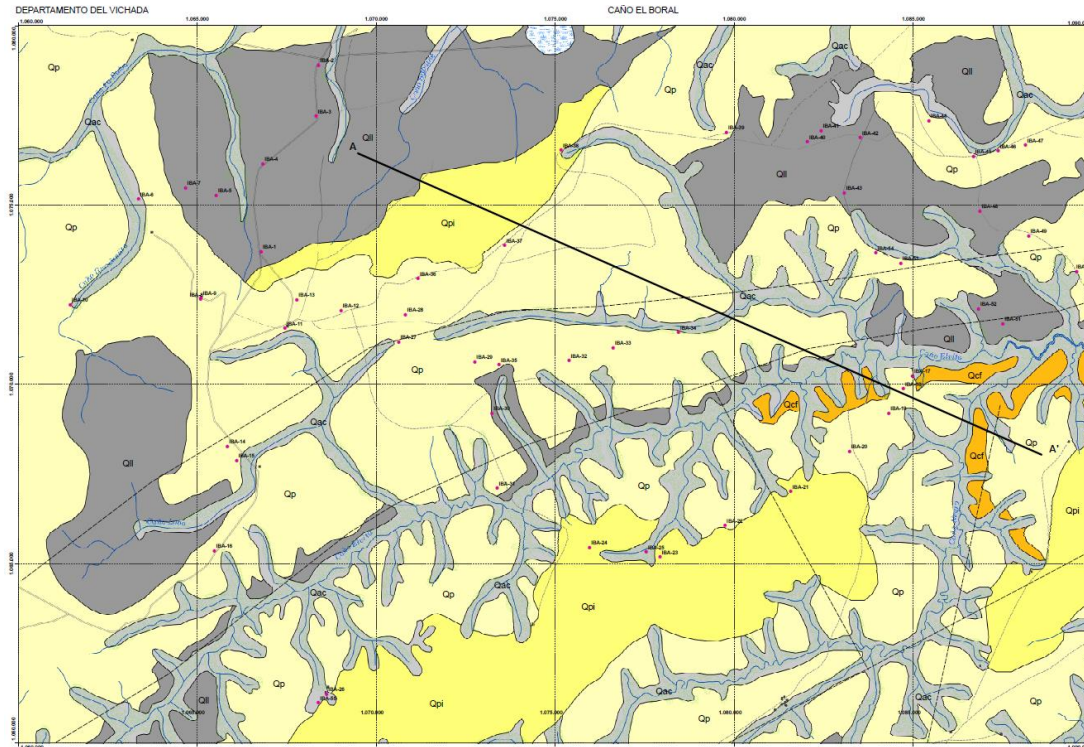


**SERVICIO GEOLÓGICO
COLOMBIANO**
República de Colombia



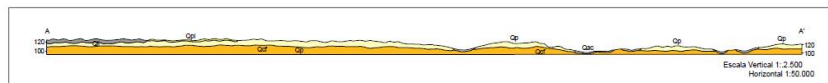
ANEXOS

ANEXO A. Mapa Geológico de la Plancha 216-I, a escala 1:50.000.



LEYENDA

Qac Depósitos Aluviales de Cauce Depósitos de barras de punta o longitudinales pertenecientes al cauce principal de los ríos y caños. Arenas de tamaño de grano fino a medio, inconsolidadas, bien seleccionadas y compuestas principalmente por cuarzo vítreo.	Qil Depósitos de Llanura de Inundación Sedimentos no consolidados, con variaciones texturales de sedimento lodoso y lodo-arenoso con restos de materia orgánica de tonalidades grisáceas oscuras con abundante capa vegetal de tipo arbustivo. El depósito puede variar en espesor a lo largo de la zona de estudio y la formación de suelo en este tipo de depósito puede llegar a ser bastante espeso.
Qpi Depósitos de penillanura inundable Depósitos no consolidados, lodo-arenosos de color pardo, de cuarcas de grano fino a muy fino, bien sorteados. El contenido de arena de tonalidades grisáceas, puede variar a lo largo de la zona de estudio. Presenta formación de suelo con materia orgánica y se encuentra ubicado en la divorsora de aguas.	Qcl Depósitos de penillanura Depósitos no consolidados asociados principalmente a sistemas edóicos tipo Llanos, que han sido retrabajados post-deposición por drenajes de poca capacidad erosiva sobre la penillanura. Estos depósitos constan en su mayoría de limo-arenosos con variaciones menores de lodo-arenosos y arenas finas (arena fracción fina) de color amarillo, amarillo rojizo y pardos. La unidad presenta en muchas ocasiones formación de suelo de aproximadamente 10 cm a 10 cm de espesor siendo estos principalmente limo-arenosos.
Qca Depósitos asociados a costras ferruginosas Los depósitos asociados a costras ferruginosas son el resultado de una meteorización química a escala regional en el departamento del Vichada, así esta se define como una litarenia y/o ferriarenas con un perfil característico. Una característica esencial de esta unidad es que aflora en la altitudura disectada donde el drenaje es de tipo subterráneo a cenotérico. Consta de valles amplios en U, donde las laderas y cabeceras están recubiertas por gravas ferruginosas de tamaño pebónes sin cementar de poco espesor que regionalmente es el indicador agrupado para identificar la unidad en la zona.	

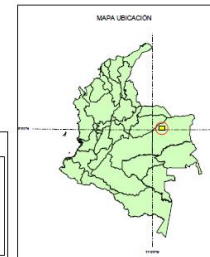


CONVENCIONES

Drenaje Simple	Carretera sin pavimentar	Vivienda habitable	Lineamientos
Drenaje Doble	Camino	Área Pantanosa	Estaciones
Curva de nivel	Sendero	Bosque de Galerías	

INDICE DE LOCALIZACION

196	197	198
215	216	217
234	235	236



Geología de la
Plancha 216-I
Caño El Boral

Por
Ingríd Beatriz Bejarano Arias

2013 - Servicio Geológico Colombiano
Escala 1:50.000

0 0.5 1 2 3 4 5 Km

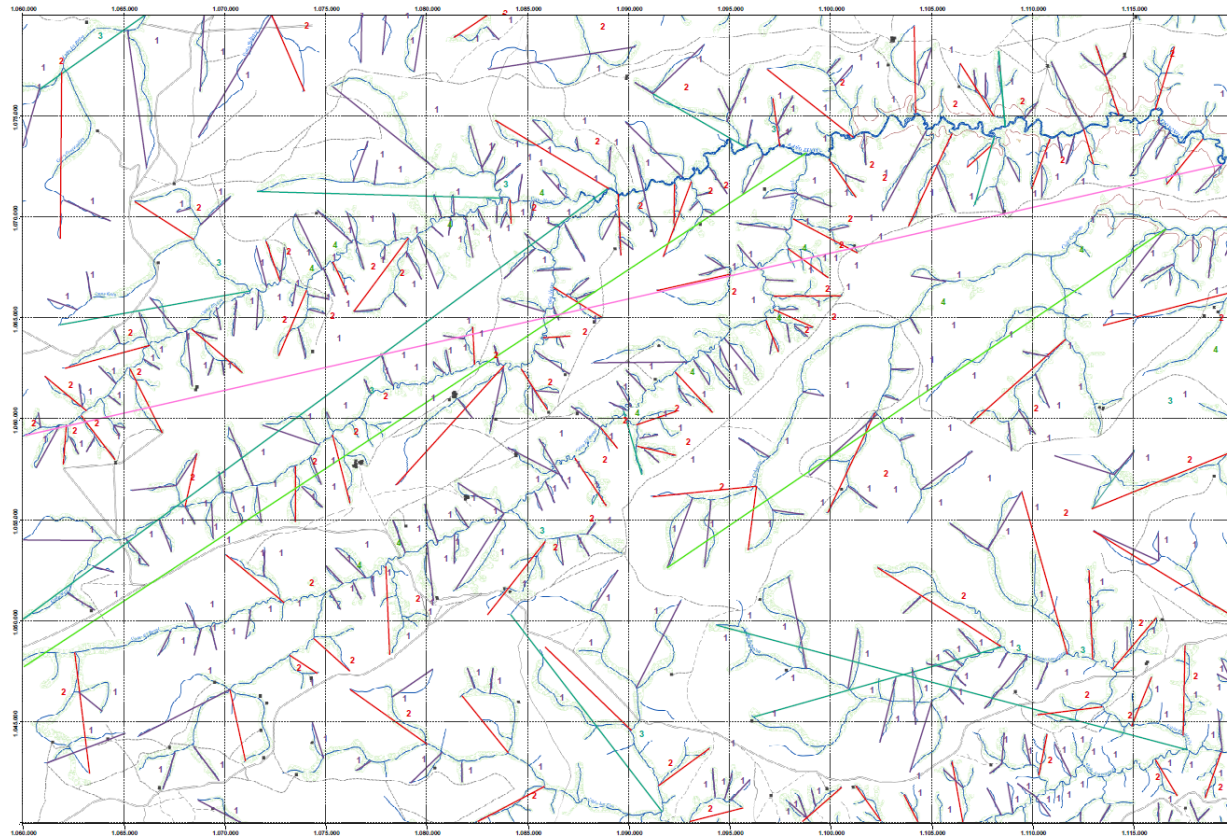
© 2013 - Servicio Geológico Colombiano
Proyecto de Geología y Minería - Edición Interactiva 2013
Código de identificación: 717171-01-01-017010-01
Fecha impresión: 01/11/2016, 11:00:00

ANEXO B. Mapa de Jerarquización y Rectificación de la plancha 216

DEPARTAMENTO DEL VICHADA

CAÑO EL BORAL

PLANCHA 216

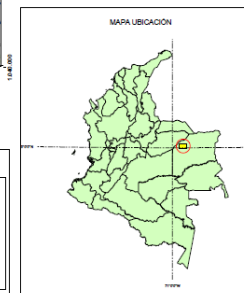


CONVENCIONES

Drenaje Simple	Carretera sin pavimentar	Vivienda habitable	Drenajes de orden 5
Drenaje Doble	Camino	Área Pantanosa	Drenajes de orden 4
Curva de nivel	Sendero	Bosque de Galerías	Drenajes de orden 3
			Drenajes de orden 2
			Drenajes de orden 1

INDICE DE LOCALIZACIÓN

196	197	198
215	216	217
234	235	236



**Mapa de rectificación y jerarquización
Plancha 216-I
Caño El Boral**

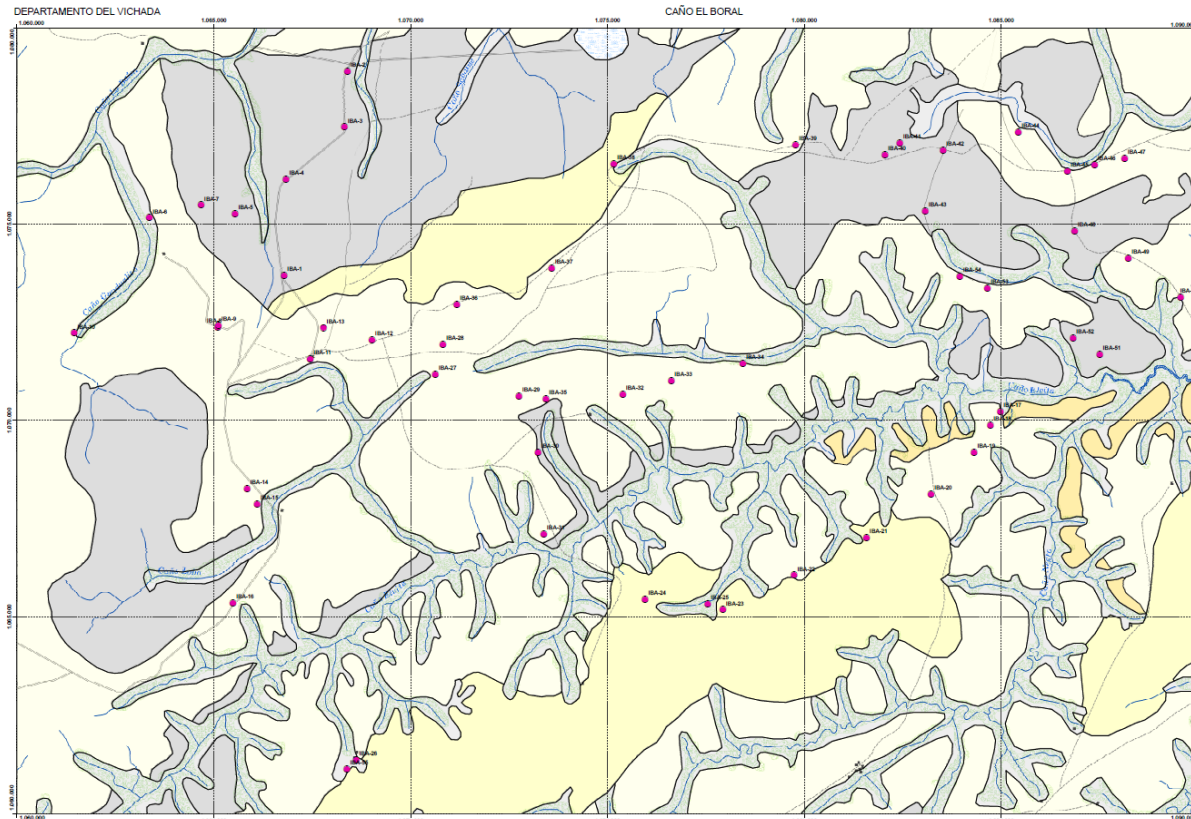
Por
Ingrid Beatriz Bejarano Arias

©
2013 - Servicio Geológico Colombiano

Escala 1: 200,000

Este Cartograma basado de las planchas Esc. 1:100,000 del S.G.C.
Proyección: UTM de Colombia. Datum: Geocéntrico 1989
Origen de coordenadas: 7°54'15" N, 75°10'30" W.
UTM: zona 18Q, X = 750000, Y = 750000

ANEXO C. Mapa de las estaciones de campo



PLANCHA 216-I

LEYENDA

Ca2
Depósitos Aluviales de Cauce
Depósitos de barras de punta o longitudinales pertenecientes al cauce principal de los ríos y caños. Arenas de tamaño de grano fino a medio, inconsolidadas, bien seleccionadas y compuestas principalmente por cuarzo vítreo.

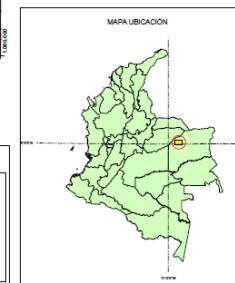
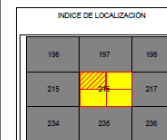
Ca1
Depósitos de Llanura de Inundación
Sedimentos no consolidados, con variaciones texturales de sedimento botópicos y lodo-arenosos con restos de materia orgánica de tonalidades grisáceas oscuras con abundante capa vegetal de tipo arbustivo. El depósito puede variar en espesor a lo largo de la zona de estudio y la formación de suelo en este tipo de depósito puede llegar a ser bastante espeso.

Ca3
Depósitos de penillanura
Depósitos no consolidados asociados principalmente a sistemas eólicos tipo Loess, que han sido retrabajados post-depositación por drenajes de poca capacidad erosiva sobre la penillanura. Estos depósitos constan en su mayoría de limos-arenosos con variaciones menores de lodo-arenosos y arenas-limosas (arena fracción fina) de color amarillo, amarillo rojizo y pardos. La unidad presenta en muchas ocasiones formación de suelo de aproximadamente 10 cm a 15 cm de espesor siendo estos principalmente limo-arenosos.

Ca4
Depósitos asociados a costras ferruginosas
Los depósitos asociados a costras ferruginosas son el resultado de una meteorización química a escala regional en el departamento del Vichada, así esta se define como una llanuras y/o ferreas con un perfil característico. Una característica esencial de esta unidad es que aflora en la altianura ciscañada donde el drenaje es de tipo subterráneo a efímero. Consta de valles anchos en U, donde laderas y cabeceeras están recubiertas por gravas ferruginosas de tamaño siebels sin cementar de poco espesor que regionalmente es el indicador apropiado para identificar la unidad en la zona.

CONVENCIONES

Drenaje Sencillo	Carretera sin pavimentar	Vivienda habitable	Lineamientos
Drenaje Doble	Camino	Área Pantanosa	Estaciones
Curva de nivel	Sendero	Bosque de Galerías	



**Estaciones de la
Plancha 216-I
Caño El Boral**
 Por
Ingrid Beatriz Bejarano Arias
 2013 - Servicio Geológico Colombiano
 Escala 1:50,000
 No se permite la explotación económica ni la transformación de esta obra. Queda permitida la impresión en su totalidad.