



Libertad y Orden

**INSTITUTO COLOMBIANO  
DE GEOLOGÍA Y MINERÍA  
INGEOMINAS**



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE  
SANTANDER - UIS**

**Acuerdo Específico N° 022 de 2008  
INGEOMINAS – UIS**

**GEOLOGÍA DEL PIEDEMONTES LLANERO EN LA CORDILLERA  
ORIENTAL, DEPARTAMENTOS DE ARAUCA Y CASANARE**

**MEMORIA**

**Bucaramanga, mayo de 2010**

República de Colombia  
MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA  
INSTITUTO COLOMBIANO DE GEOLOGÍA Y MINERÍA



Libertad y Orden

**INSTITUTO COLOMBIANO  
DE GEOLOGÍA Y MINERÍA  
INGEOMINAS**



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE  
SANTANDER - UIS**

***GEOLOGÍA DEL PIEDEMONTE LLANERO EN LA CORDILLERA  
ORIENTAL, DEPARTAMENTOS DE ARAUCA Y CASANARE***

**Acuerdo Específico N° 022 de 2008  
INGEOMINAS – UIS**

**Por**

**Jorge Eduardo Pinto Valderrama  
José Pedro Mora Ortiz  
Gloria Reátiga Tarazona  
Jorge Alberto Rey Pilonieta  
Silvia Johana Toloza Hormiga  
Diego Andrés Torres Coronado  
David Ricardo Vargas Mojica  
Cristian Julián Zafra Manrique**

**Asesores INGEOMINAS:**

**Francisco A. Velandia Patiño  
Carlos Julio Morales Arias  
Gloria Prieto Rincón**

**Bucaramanga, mayo de 2010**

## CONTENIDO

	Pág.
<b>RESUMEN</b> .....	<b>10</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>11</b>
<b>1.1 OBJETIVOS</b> .....	<b>12</b>
<b>1.1.1 Objetivo General</b> .....	<b>12</b>
<b>1.1.2 Objetivos Específicos</b> .....	<b>12</b>
<b>1.2 LOCALIZACIÓN</b> .....	<b>12</b>
<b>1.3 VÍAS DE ACCESO</b> .....	<b>13</b>
<b>1.4 HIDROGRAFÍA</b> .....	<b>14</b>
<b>2. METODOLOGÍA</b> .....	<b>15</b>
<b>2.1 PREPARACIÓN DE LA FASE DE CAMPO</b> .....	<b>15</b>
<b>2.1.1 Revisión bibliográfica</b> .....	<b>15</b>
<b>2.1.2 Fotogeología</b> .....	<b>15</b>
<b>2.1.3 Selección de puntos de muestreo</b> .....	<b>15</b>
<b>2.2 FASE DE CAMPO</b> .....	<b>16</b>
<b>2.2.1 Socialización</b> .....	<b>16</b>
<b>2.2.2 Muestreo de sedimentos</b> .....	<b>16</b>
<b>2.2.3 Cartografía geológica</b> .....	<b>16</b>
<b>2.3 FASE DE OFICINA</b> .....	<b>17</b>
<b>2.3.1 Redacción y edición del informe final</b> .....	<b>17</b>
<b>3. GEOLOGÍA</b> .....	<b>18</b>
<b>3.1 ESTRATIGRAFÍA</b> .....	<b>19</b>
<b>3.1.1 Formación Lutitas de Macanal (Kilm)</b> .....	<b>19</b>
<b>3.1.2 Formación Areniscas de Las Juntas (Kiaj)</b> .....	<b>21</b>
<b>3.1.3 Formación Fómeque (Kif)</b> .....	<b>22</b>
<b>3.1.4 Formación Une (Kiu)</b> .....	<b>23</b>
<b>3.1.5 Formación Chipaque (Ksc)</b> .....	<b>24</b>
<b>3.1.6 Grupo Palmichal (KPp)</b> .....	<b>25</b>
<b>3.1.7 Formación Arcillas de El Limbo (Pal)</b> .....	<b>26</b>
<b>3.1.8 Formación Areniscas de El Limbo (Parl)</b> .....	<b>27</b>
<b>3.1.9 Formación San Fernando (Nsf)</b> .....	<b>27</b>

<b>3.1.10</b>	<b>Formación Diablo Inferior (Ndi)</b> .....	<b>28</b>
<b>3.1.11</b>	<b>Formación Diablo Superior (Nds)</b> .....	<b>29</b>
<b>3.1.12</b>	<b>Depósitos Cuaternarios</b> .....	<b>30</b>
3.1.12.1	Cuaternario Terraza Planicie Aluvial (Qtp).....	30
3.1.12.2	Cuaternario dunas (Qed).....	30
3.1.12.3	Cuaternario Abanico Coluvio Aluvial (Qac).....	31
3.1.12.4	Cuaternario aluvial (Qal).....	32
<b>3.2</b>	<b>DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA DEL CUATERNARIO POR PLANCHAS A ESCALA 1:100.000</b> .....	<b>32</b>
<b>3.2.1</b>	<b>Plancha 193</b> .....	<b>32</b>
3.2.1.1	Cuaternario Aluvial (Qal).....	32
<b>3.2.2</b>	<b>Plancha 194</b> .....	<b>33</b>
3.2.2.1	Cuaternario Terraza de Planicie Aluvial (Qtp).....	33
3.2.2.2	Cuaternario Abanico Coluvio Aluvial (Qac).....	33
3.2.2.3	Cuaternario Aluvial (Qal).....	33
<b>3.2.3</b>	<b>Plancha 212</b> .....	<b>34</b>
3.2.3.1	Cuaternario Terraza de Planicie Aluvial (Qtp).....	34
3.2.3.2	Cuaternario Aluvial (Qal).....	34
<b>3.2.4</b>	<b>Plancha 213</b> .....	<b>34</b>
3.2.4.1	Cuaternario Terraza de Planicie Aluvial (Qtp).....	34
3.2.4.2	Cuaternario Aluvial (Qal).....	34
<b>3.2.5</b>	<b>Plancha 214</b> .....	<b>35</b>
3.2.5.1	Cuaternario Terraza de Planicie Aluvial (Qtp).....	35
3.2.5.2	Cuaternario Eólico (Qed).....	35
3.2.5.3	Cuaternario Aluvial (Qal).....	35
<b>3.2.6</b>	<b>Plancha 215</b> .....	<b>35</b>
3.2.6.1	Cuaternario Terraza de Planicie Aluvial (Qtp).....	35
3.2.6.2	Cuaternario Eólico (Qed).....	36
3.2.6.3	Cuaternario Aluvial (Qal).....	36
<b>3.2.7</b>	<b>Plancha 231</b> .....	<b>36</b>
3.2.7.1	Cuaternario Terraza de Planicie Aluvial (Qtp).....	36
3.2.7.2	Cuaternario Aluvial (Qal).....	37
<b>3.2.8</b>	<b>Plancha 232</b> .....	<b>37</b>
3.2.8.1	Cuaternario Terraza de Planicie Aluvial (Qtp).....	37
3.2.8.2	Cuaternario Aluvial (Qal).....	37
<b>3.2.9</b>	<b>Plancha 233</b> .....	<b>37</b>
3.2.9.1	Cuaternario Terraza de Planicie Aluvial (Qtp).....	37
3.2.9.2	Cuaternario Eólico (Qed).....	38

3.2.9.3	Cuaternario Aluvial (Qal) .....	38
<b>3.2.10</b>	<b>Plancha 250</b> .....	<b>38</b>
3.2.10.1	Cuaternario Terraza de Planicie Aluvial (Qtp) .....	38
3.2.10.2	Cuaternario Aluvial (Qal) .....	38
<b>3.2.11</b>	<b>Plancha 251</b> .....	<b>38</b>
3.2.11.1	Cuaternario Terraza de Planicie Aluvial (Qtp) .....	38
3.2.11.2	Cuaternario Aluvial (Qal) .....	39
<b>4.</b>	<b>TECTÓNICA</b> .....	<b>40</b>
<b>4.1</b>	<b>TECTÓNICA REGIONAL</b> .....	<b>40</b>
<b>4.2</b>	<b>ESTRUCTURAS</b> .....	<b>41</b>
<b>4.2.1</b>	<b>Fallas</b> .....	<b>41</b>
4.2.1.1	Falla de Guacáramo .....	42
4.2.1.2	Falla de Pajarito .....	43
4.2.1.3	Falla de Yopal .....	43
<b>4.2.2</b>	<b>Pliegues</b> .....	<b>44</b>
4.2.2.1	Sinclinal de Nunchía.....	44
4.2.2.2	Sinclinal del Desespero .....	44
4.2.2.3	Anticlinal de Monteralo .....	44
<b>5.</b>	<b>GEOQUÍMICA</b> .....	<b>46</b>
<b>5.1</b>	<b>CLIMA Y SISTEMAS DE DRENAJES</b> .....	<b>46</b>
<b>5.2</b>	<b>PRINCIPALES FUENTES DE CONTAMINACIÓN</b> .....	<b>47</b>
5.2.1	Actividades agropecuarias y ganadería .....	47
5.2.2	La explotación de hidrocarburos.....	48
5.2.3	Los vertimientos de aguas residuales de los cascos urbanos ....	48
5.2.4	Otras fuentes de contaminación.....	48
<b>5.3</b>	<b>RECOLECCIÓN DE MUESTRAS DE SEDIMENTOS FINOS ACTIVOS</b> .....	<b>49</b>
<b>6.</b>	<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>50</b>
	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>51</b>

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 1.</b> Esquema de localización geográfica del área de estudio (Fuente: <a href="http://www.earth.google.es">http://www.earth.google.es</a> ).....	<b>13</b>
<b>Figura 2.</b> Principal red Hidrográfica del área de estudio. (Modificado de Mapa Geológico de Colombia, GÓMEZ et al. 2007)).....	<b>14</b>
<b>Figura 3.</b> Columna estratigráfica generalizada del Piedemonte Llanero (Plancha 193 Yopal).....	<b>20</b>
<b>Figura 4.</b> Afloramiento de dunas en la margen izquierda de la vía que conduce a la Finca Motopista, San Luis de Palenque (Casanare). ....	<b>31</b>
<b>Figura 5.</b> Afloramiento de duna en la margen izquierda del Caño Santa Rosalía (Vichada).....	<b>31</b>
<b>Figura 6.</b> Ubicación de las principales fallas que se encuentran afectando el Piedemonte Llanero. ....	<b>41</b>
<b>Figura 7.</b> Industria petrolera en los llanos de Casanare. ....	<b>48</b>
<b>Figura 8.</b> Recolección de sedimentos finos activos. ....	<b>49</b>



## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 1.</b> Referencias de los criterios y clasificaciones utilizadas en este estudio para rocas sedimentarias .....	<b>17</b>
<b>Tabla 2.</b> Relación de áreas cartografiadas vs planchas geológicas (Escala 1:100.000).....	<b>18</b>
<b>Tabla 3.</b> Áreas de muestreo geoquímico por plancha topográfica a escala 1:100000 .....	<b>47</b>

## LISTA DE ANEXOS

### ANEXO 1. MAPAS GEOLÓGICOS

Mapa Geológico Plancha 193  
Mapa Geológico Plancha 194  
Mapa Geológico Plancha 212  
Mapa Geológico Plancha 213  
Mapa Geológico Plancha 214  
Mapa Geológico Plancha 215  
Mapa Geológico Plancha 231  
Mapa Geológico Plancha 232  
Mapa Geológico Plancha 233  
Mapa Geológico Plancha 250  
Mapa Geológico Plancha 251

### ANEXO 2. MAPAS MUESTREO GEOQUÍMICO DE SEDIMENTOS FINOS ACTIVOS

Mapa Muestreo Geoquímico Plancha 193  
Mapa Muestreo Geoquímico Plancha 194  
Mapa Muestreo Geoquímico Plancha 212  
Mapa Muestreo Geoquímico Plancha 213  
Mapa Muestreo Geoquímico Plancha 214  
Mapa Muestreo Geoquímico Plancha 215  
Mapa Muestreo Geoquímico Plancha 231  
Mapa Muestreo Geoquímico Plancha 232  
Mapa Muestreo Geoquímico Plancha 233  
Mapa Muestreo Geoquímico Plancha 250  
Mapa Muestreo Geoquímico Plancha 251

### ANEXO 3. COLUMNA ESTRATIGRÁFICA ESCALA 1:1000

### ANEXO 4. FORMATOS CAPTURA DE INFORMACIÓN EN CAMPO PARA MUESTREO DE SEDIMENTOS FINOS ACTIVOS (ORIGINAL DE CAMPO)



## **ANEXO 5. FOTOGRAFICO**

Fotografías Muestreo Geoquímico de Sedimentos Finos Activos  
Fotografías Cartografía Geológica  
Fotografías Columna Estratigráfica

## **ANEXO 6. FORMATOS ESTACIONES DE CAMPO CARTOGRAFÍA GEOLOGICA (ORIGINAL DE CAMPO)**

## **ANEXO 7. RELACIÓN MUESTRAS**

Relación Muestras de Sedimentos Finos  
Relación Muestras de Cartografía Geológica  
Relación Muestras de Columna Estratigráfica

## **ANEXO 8. POLIGONAL ESCALA 1:1000**

## **ANEXO 9. RECOPIACIÓN BIBLIOGRÁFICA**

## **ANEXO 10. DVD ARCHIVOS DIGITALES**

## RESUMEN

Este proyecto se localiza en los llanos orientales de Colombia, departamentos de Casanare, Vichada y Boyacá, e incluye un área aproximada de 15.000 km<sup>2</sup> que comprende las planchas topográficas 193, 194, 212, 213, 214, 215, 231, 232, 233, 250 y 251 a escala 1:100.000, del Instituto Agustín Codazzi (IGAC).

La morfología de relieve de montaña, al noroccidente de la zona, contrasta con una gran llanura que se extiende desde el piedemonte hacia el oriente, más allá de la frontera colombiana, reflejándose en la geología: rocas del Mesozoico y Paleógeno que dominan el paisaje de montaña, mientras que la llanura, está conformada por depósitos aluviales recientes que cubren rocas del Precámbrico, Paleozoico, Mesozoico y Paleógeno.

Las unidades de rocas aflorantes en el área del proyecto (piedemonte y llanura) son las formaciones: Lutitas de Macanal, Areniscas de Las Juntas, Fómeque, Une, Chipaque, Grupo Palmichal, Arcillas de El Limbo, Areniscas de El Limbo, San Fernando, Diablo Inferior, Diablo Superior, y los depósitos del Cuaternario: Terraza de Planicie Aluvial, Eólico y Aluvial.

Como consecuencia de la Orogenia Andina, que se inició en el Mioceno Medio, se originó el sistema de fallas de cabalgamiento en el piedemonte, en un ambiente tectónico compresivo, mientras que en la parte media a distal de la cuenca de antepaís el ambiente tectónico extensivo facilitó el origen de fallas normales de alto ángulo. Las principales estructuras presentes en el área del Proyecto son las fallas de Guaicáramo, Pajarito, Yopal; el Anticlinal de Monterralo y los sinclinales de Nunchía, Zapatosa y El Desespero.

Para el análisis geoquímico se colectaron un total de 728 muestras de sedimentos finos activos (de las cuales 73 son muestras duplicadas), extraídas de las márgenes de caños y afluentes de ríos, de acuerdo a los protocolos establecidos para dicho fin. Estas muestras serán analizadas en una fase posterior, mediante geoquímica multi-elemento de elementos mayores, menores y trazas con el fin de identificar posibles anomalías geoquímicas.

## 1. INTRODUCCIÓN

Este proyecto se realizó gracias al Convenio (Acuerdo Específico N° 022 de 2008), entre el INSTITUTO COLOMBIANO DE GEOLOGÍA Y MINERÍA “INGEOMINAS” y la UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER “UIS”, Escuela de Geología, para adquirir información de superficie para la realización de la cartografía geológica y la obtención de muestras de sedimentos finos activos para estudio geoquímico; todo lo anterior con el fin de conocer el potencial de recursos del subsuelo en esta región de Colombia.

El área de investigación, objeto de este trabajo, cubre una extensión aproximada de 15.000 Km<sup>2</sup> en zonas de piedemonte, montaña y especialmente llanura aluvial, abarcando las zonas rurales de Yopal, Nunchía, Maní, San Luí de Palenque, Trinidad, Orocué (Casanare) y Santa Rosalía (Vichada).

En la realización de la cartografía geológica, el muestreo de sedimentos finos activos para estudio geoquímico y el levantamiento de columnas estratigráficas, se utilizaron los estándares unificados para la presentación de productos cartográficos de INGEOMINAS, además de planchas topográficas a escala 1:100.000, del IGAC.

La información cartográfica y geoquímica fue digitalizada y editada, utilizando el software de diseño grafico Autocad versión 2004 y las herramientas ofrecidas por el sistema de información geográfica ArcGis Server versión 9.2 (Adquirida por la Escuela de Geología UIS); y para la descarga de los puntos tomados en el GPS Garmin CSX 60, se utilizó el software MapSource de Garmin Corporation.

La Información contenida en esta Memoria está organizada en seis Capítulos: 1. Introducción, 2. Metodología, 3. Geología, 4. Tectónica, 5. Geoquímica, 6. Conclusiones. Además, se presentan en los anexos, 11 mapas geológicos, 11 mapas de muestreo geoquímico, una (1) columna estratigráfica a escala 1:10.000, los formatos de captura de información en campo para muestreo de sedimentos finos y cartografía geológica, un archivo fotográfico, la relación de las muestras de roca y sedimentos, una (1) poligonal y un (1) DVD con toda la información anterior en formato digital.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo General

Obtener información de superficie que soporte una cartografía geológica escala 1:100.000, con control de campo y muestreo para geoquímica de sedimentos finos activos en el área del piedemonte y sabana de los departamentos de Casanare, Boyacá y Vichada, con cubrimiento aproximado de 15.000 km<sup>2</sup> (área de las planchas topográficas: 193, 194, 212, 213, 214, 215, 231, 232, 233, 250 y 251, del IGAC).

### 1.1.2 Objetivos Específicos

Contribuir al conocimiento de la Geología del Paleógeno, Neógeno y Cuaternario en el Piedemonte Llanero.

Generar la cartografía geológica preliminar a escala 1:100.000, a partir de puntos de control mediante la toma de datos estructurales y la identificación de las unidades de roca que afloran en el área de estudio.

Recolectar muestras de sedimentos finos activos para estudio geoquímico en drenajes secundarios y otros cauces tributarios de los ríos Meta, Cusiana, Pauto, Guanápalo y Cravo Sur.

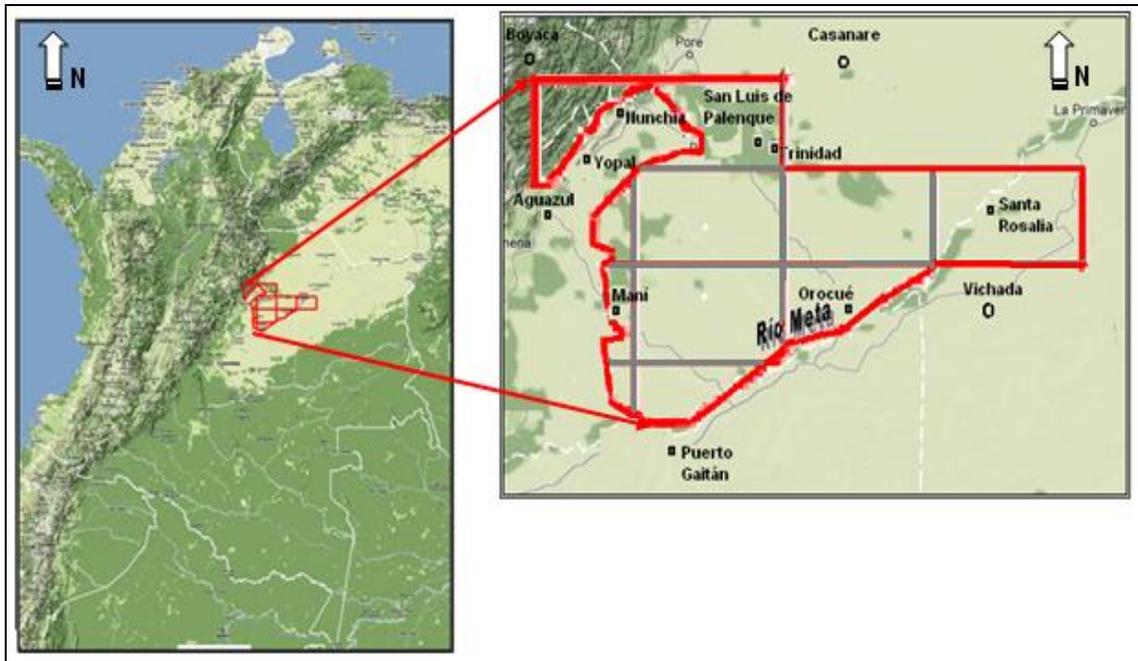
## 1.2 LOCALIZACIÓN

El área de estudio se encuentra localizada en los departamentos del Casanare, Vichada y Boyacá, los cuales están situados en la Orinoquía Colombiana, Piedemonte Llanero y parte central del país.

Geográficamente limita así: Al norte con los municipios de Paz de Aripuro, Pore (Casanare) y Primavera (Vichada); al sur con el Río Meta y los municipios de El Porvenir y Cumaribo (Vichada); al este con los municipios de La Primavera (Vichada) y Cravo Norte (Casanare) y al oeste con el Municipio de Labranzagrande (Boyacá).

La mayor parte de la región es plana y corresponde a la región de los Llanos Orientales, con altitud variable entre 110 y 230 m.s.n.m. y comprende parcial o totalmente las planchas topográficas 194, 212, 213, 214, 215, 231, 232, 233, 250 y 251. Al noroccidente, en la plancha 193, se localiza el sector montañoso que va desde el piedemonte llanero hasta las cuchillas Las Barras, El Estero, El Retiro, Tibayoque, Murillo, El Caracol, entre otras, en la Cordillera Oriental, con altura topográfica que varía entre 500 y 2.000 m.s.n.m.

Inicialmente el área propuesta tenía un extensión aproximada de 30.000 Km<sup>2</sup> la cual fue modificada en común acuerdo entre las partes (INGEOMINAS – UIS), para finalmente cubrir un área aproximada de 15.000 Km<sup>2</sup> en las 11 planchas topográficas, ya mencionadas, escala 1:100.000, dentro de las cuales se encuentran los municipios de Maní, Orocué, Trinidad, San Luis de Palenque, Nunchía (Casanare) y Santa Rosalía (Vichada) (Figura 1).



**Figura 1.** Esquema de localización geográfica del área de estudio (Fuente: <http://www.earth.google.es>).

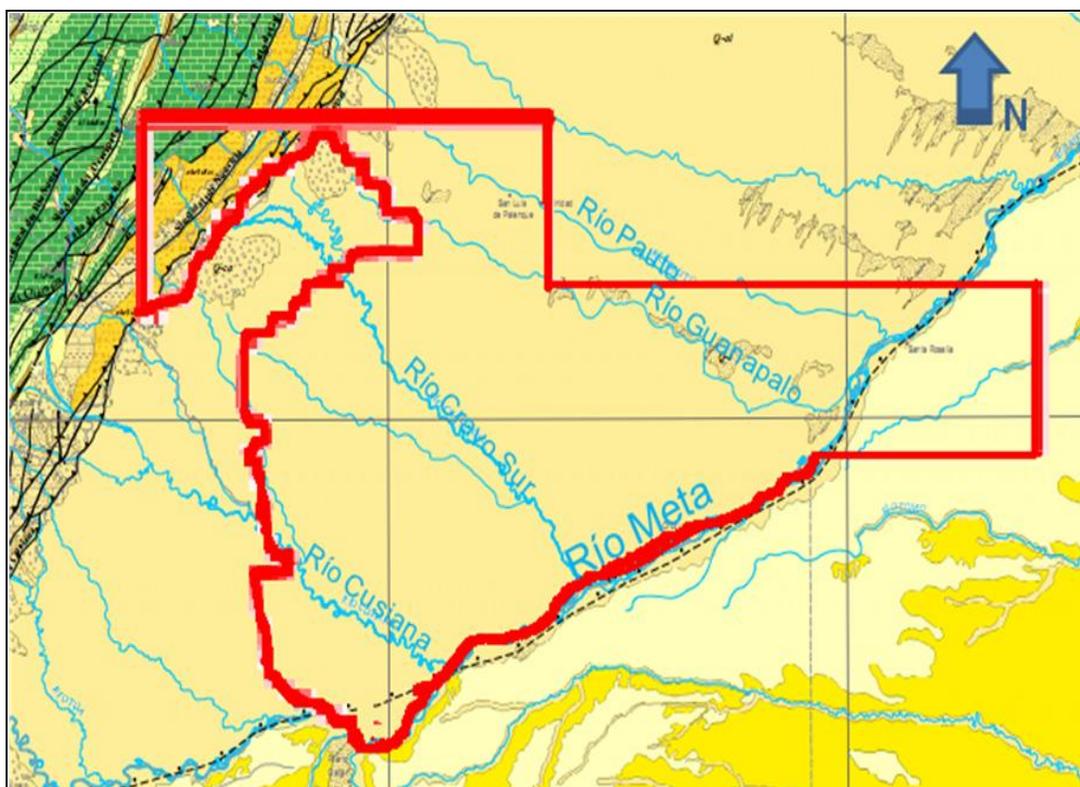
### 1.3 VÍAS DE ACCESO

A la zona de estudio se llega por vía terrestre desde Bogotá D.C. a Villavicencio (Meta); allí se toma la vía conocida como Marginal de la Selva hasta Yopal (Casanare). Luego se llega a los diferentes municipios y sus veredas, que están dentro del área de trabajo, por medio de vías secundarias en regular y mal estado. A Santa Rosalía (Vichada) se llega, por la vía de Yopal a Orocué, y desde allí por vía fluvial (lanchas) por el Río Meta.

Los ríos y caños con abundante caudal se aprovecharon para acceder, mediante lanchas, a los sitios propuestos para muestreo de sedimentos y cartografía.

## 1.4 HIDROGRAFÍA

El Río Meta es la principal arteria fluvial de la región y marca el límite sur y oriental de la zona del Proyecto. Otros ríos importantes como Cravo Sur, Cusiana, Pauto y Guanápalo nacen en la Cordillera Oriental, y recorren el departamento de Casanare en dirección NW – SE, desembocando en el Río Meta (Figura 2).



**Figura 2.** Principal red Hidrográfica del área de estudio (Modificado de Mapa Geológico de Colombia, GÓMEZ et al. 2007)).

## 2. METODOLOGÍA

La estrategia para el desarrollo de este trabajo consta de 3 fases que son: preparación de la fase de campo, fase de campo y fase de oficina.

### 2.1 PREPARACIÓN DE LA FASE DE CAMPO

#### 2.1.1 Revisión bibliográfica

Las actividades inician con la recopilación del material bibliográfico correspondiente a la zona de estudio, que incluye informes previos, mapas cartográficos, fotografías aéreas, esquemas de ordenamiento territorial, publicaciones, informes técnicos, tesis, y demás material disponible.

#### 2.1.2 Fotogeología

Debido a las características geográficas del área, en su mayoría llanura, representada por depósitos cuaternarios, y desprovisto de afloramientos, se hace necesario la interpretación geomorfológica a partir del estudio de fotografías aéreas, imágenes de satélite y modelos digitales de elevación del área, facilitado por el INGEOMINAS. Con la interpretación de la información anterior se llevó a cabo la realización de la fotogeología del área.

#### 2.1.3 Selección de puntos de muestreo

La base teórica y metodológica para la selección, toma y registro de muestras de sedimentos finos activos fue facilitada por INGEOMINAS; también se realizó un entrenamiento por parte de los funcionarios de INGEOMINAS al grupo de geólogos participantes, mediante una salida de campo al Río Manco cerca al Cañón del Chicamocha en Santander, para mostrar la metodología y resolver dudas en la recolección de los sedimentos finos activos.

Posteriormente, los puntos seleccionados (lugar geográfico) para la toma de los sedimentos finos, fueron revisados y autorizados por INGEOMINAS.

## 2.2 FASE DE CAMPO

Esta fase se realizó en tres comisiones de campo de 20 días cada una, en los meses marzo, abril y mayo del presente año, distribuidas según el polígono de trabajo así: la primera comisión de campo incluyó las planchas topográficas 231, 232, 233, 250 y 251; la segunda comisión de campo incluyó las planchas 214 y 215, y la tercera comisión de campo las planchas 193, 194, 212 y 213 a escala 1:100.000. El objetivo fue recopilar información cartográfica, geomorfológica, estratigráfica, estructural, registrar fotográficamente los sitios visitados, extraer muestras de roca y de sedimentos finos.

### 2.2.1 Socialización

Dada la complejidad del conflicto socio – político que afecta al territorio colombiano, se hace necesario la socialización con las comunidades civiles, indígenas, dueños o habitantes de las fincas, con las autoridades eclesiásticas y militares, con el fin de dar a conocer los objetivos del proyecto mediante comunicación verbal y escrita. También se hizo uso del correo electrónico para enviar y solicitar información a las alcaldías, referente a la socialización y a la logística de campo.

### 2.2.2 Muestreo de sedimentos

Las muestras de sedimentos finos activos fueron recolectadas siguiendo las especificaciones técnicas para muestreo geoquímico regional de INGEOMINAS. En algunos casos por problemas de acceso al sitio de muestreo se movieron puntos o se cambiaron por otro caño, al cual se podía acceder con más facilidad. En los caños que se encontraban secos se hizo un apique, evitando usar elementos que pudieran inferir en los resultados y se extrajo muestra de suelo.

Esta metodología se sintetiza en un formato de captura de información que registra aspectos determinantes como: localización, descripción del sitio de muestreo, paisaje, uso del suelo, vegetación, fuentes de contaminación, ancho del río, velocidad del agua, flujo del agua, estado del tiempo, pH del agua.

### 2.2.3 Cartografía geológica

Esta etapa incluye la descripción de afloramientos en cortes naturales de carreteras y corriente de agua (ríos y caños).

Para la captura de datos en campo se empleó una cartera descriptiva que incluye los siguientes ítems: fecha y nombre de la estación, localización (mediante mapas y GPS), descripción geológica y geomorfológica (afloramiento, unidad geológica o cuerpo geológico, composición, proceso geológico, estructura geológica etc.), dibujo, fotografías. Así mismo, se realizan levantamiento de columnas

estratigráficas generalizadas a escala 1:1000 mediante método de poligonal abierta, apoyados en el uso del bastón de Jacob, brújula de tránsito tipo Brunton y cinta métrica. Durante el levantamiento de las columnas estratigráficas a escala 1:1000, se adquirió información sobre la litología, textura, biogénesis, grado de bioturbación, geometría, selección de matriz, composición de la roca y extracción de muestras de roca. Para la descripción de las rocas sedimentarias, es necesario utilizar los criterios y clasificaciones que diversos autores han hecho (Tabla 1).

**Tabla 1.** Referencias de los criterios y clasificaciones utilizadas en este estudio para rocas sedimentarias.

Referencias utilizadas para el estudio de rocas sedimentarias en campo	
Diagramas comparativos de selección de partículas y terminología descriptiva	Pettijohn et ál., 1973
Escala de redondez para bioclastos	Pilkey et al., 1967
Diagrama de comparación para forma de granos	Krumbein & Sloss., 1960
Escala de Wentworth para tamaños de partículas	Krumbein & Sloss, 1969
Clasificación textural para rocas sedimentarias siliciclásticas	Folk., 1954
Escala para espesores de capas y láminas	Reineck & Singh., 1980
Clasificación composicional de areniscas	Folk., 1974
Clasificación de rocas calcáreas	Dunham., 1962
Grado de bioturbación	Moore & Scrutton., 1957

## 2.3 FASE DE OFICINA

### 2.3.1 Redacción y edición del informe final

Se registra toda la información capturada en campo en formato digital, se editan 11 mapas geológicos que ilustran la distribución de las diferentes litologías y 11 mapas con la distribución de los puntos de muestreo de sedimentos finos activos de la zona de estudio. También se digitalizó la columna estratigráfica a escala 1:1000 y la poligonal.

Posteriormente se redactó el informe final, donde se integra por capítulos la información obtenida en campo y oficina.

### 3. GEOLOGÍA

La cartografía geológica se elaboró relacionando la interpretación de fotografías aéreas, imágenes de satélite y modelos digitales de elevación, junto con el control de campo. Dado que gran parte del área del proyecto se desarrolló sobre depósitos del Cuaternario desprovistos de afloramientos, la interpretación geomorfológica se hace muy necesaria.

En el área de estudio se diferencian dos regiones: a) Montañoso, conformado por rocas sedimentarias del Cretáceo y Paleógeno; b) Llanura, conformado por sedimentos recientes que están cubriendo rocas del Precámbrico, Paleozoico, Mesozoico y Paleógeno.

El Anexo N° 1 contiene 11 mapas geológicos de las planchas 193, 194, 212, 213, 214, 215, 231, 232, 233, 250 y 251. Las fotografías registradas de la cartografía de la Plancha 193 están contenidas en el Anexo N° 5.2 y los formatos de la captura de datos de cartografía de la Plancha 193 en el Anexo N°6. El Anexo N° 7.2 contiene la relación de las muestras de cartografía colectadas en la Plancha 193. El área donde se llevo a cabo la cartografía geológica fue de 15.354,05 km<sup>2</sup>, aproximadamente.

**Tabla 2.** Relación de áreas cartografiadas vs planchas geológicas (Escala 1:100.000).

PLANCHA GEOLOGICA ESCALA 1:100000	CARTOGRAFÍA GEOLOGICA (Km <sup>2</sup> )
231	357.15
250	131.40
251	700.2
233	1251.80
232	2388.04
214	2400
215	2400
193	1233.55
194	1570.25
212	533.06
213	2388.60
<b>TOTALES</b>	<b>15354.05</b>

### 3.1 ESTRATIGRAFÍA

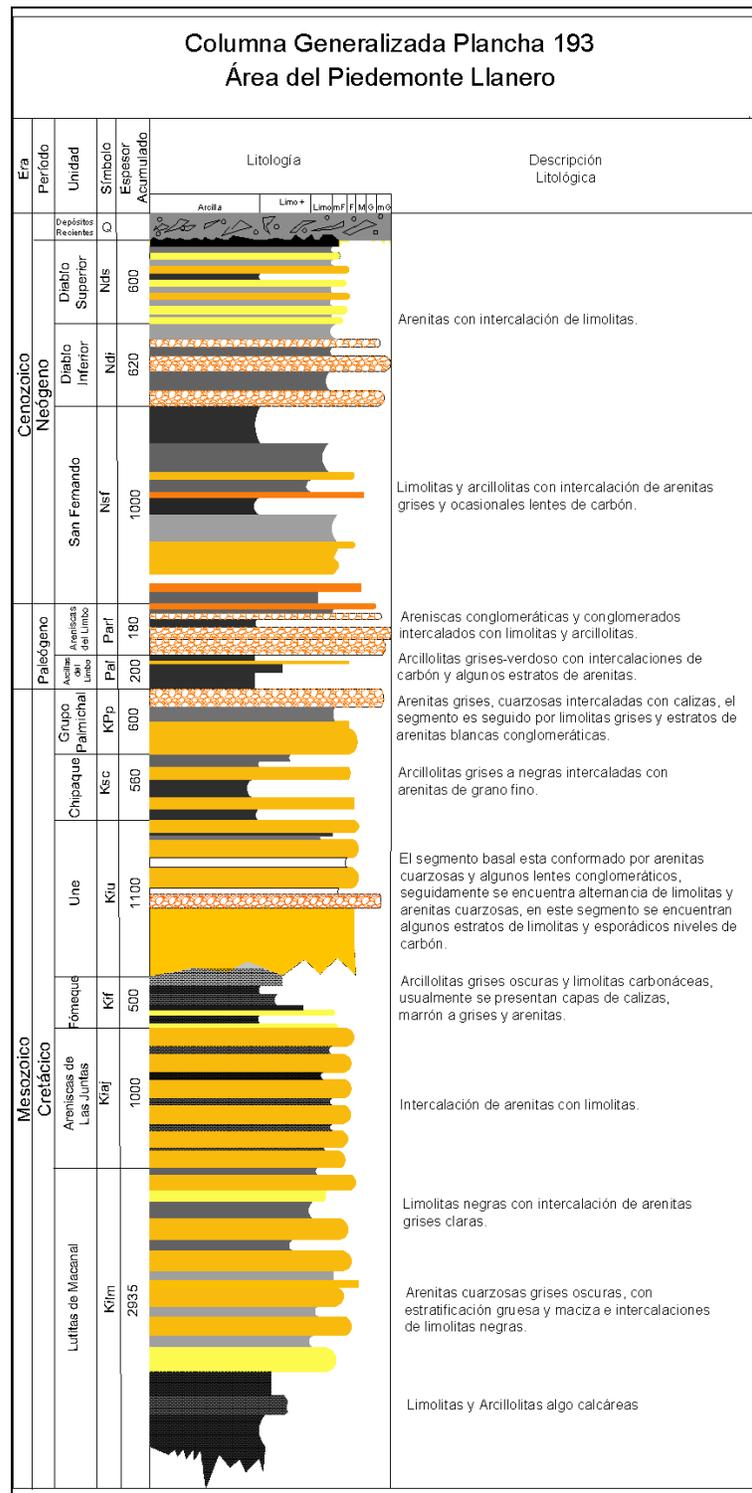
La Cuenca de los Llanos Orientales ocupa una gran área, desde el cabalgamiento frontal de la Cordillera Oriental, al oeste, hasta los afloramientos Precámbricos del Escudo Guayanés, sobre los ríos Orinoco y Guaviare al este. La cuenca tiene forma asimétrica y está constituida por sedimentos de edad Cretácico y Paleógeno que descansan discordantemente sobre el Paleozoico y el basamento. Estos depósitos paleógenos pertenecen a sistemas fluviales de ríos trezados conformados por cuerpos de arena, interestratificados con sedimentos finos de inundación.

El Mesozoico en el Piedemonte Llanero está constituido por rocas sedimentarias del Cretácico Inferior representadas por las Formaciones Lutitas de Macanal (Kilm), Areniscas de Las Juntas (Kiaj), Fómeque (Kif) y Une (Kiu), y las formaciones sedimentarias del Cretácico Superior Chipaque (Ksc) y el Grupo Palmichal (Kpp). El Cenozoico está conformado por rocas sedimentarias del Paleógeno representadas por las formaciones Arcillas de El Limbo (Pal), Areniscas de El Limbo (Parl) y las formaciones del Neógeno San Fernando, Diablo Conjunto Inferior y Diablo Conjunto Superior.

#### 3.1.1 Formación Lutitas de Macanal (Kilm)

Esta unidad fue descrita inicialmente por Ulloa y Rodríguez (1976), quienes propusieron el nombre Lutitas de Macanal para identificar una secuencia de lodolitas negras, micáceas, compactas con intercalaciones de areniscas cuarzosas, grises de grano fino y niveles de calizas. Pulido y Gómez, (1998) ubican la localidad tipo en el Cañón del río Batá, entre las quebradas El Volador y La Esmeralda.

La Formación Lutitas de Macanal se encuentra al occidente de la Plancha 193 - Yopal, aflorando en una franja ancha y alargada con dirección SW-NE, en áreas de las veredas Tutasá, San José, Quebrada Negra, El Abejón, y hace parte del anticlinal de Paya en cercanías al Río Cravo Sur y el Río Payero. Está constituida por limolitas, limolitas carbonosas y arcillolitas de color gris oscuro, localmente con cemento calcáreo. Presenta intercalaciones subordinadas de capas delgadas de arenitas de grano fino a muy fino. En algunos sectores es común la presencia de nódulos paralelos a la estratificación, pirita y mica en porcentaje menor al 5%. En general, el buzamiento es inferior a 40°, con morfología suavemente ondulada en contraste con los escarpes altos de la Formación Areniscas de Las Juntas, que la suprayace.



**Figura 3.** Columna estratigráfica generalizada del piedemonte Llanero (Plancha 193-Yopal).

Según Etayo et al. (1983) el espesor corresponde a 2935 m, pero en este sector estudiado, afloran menos de 1000 m de acuerdo al corte geológico.

La edad asignada es Titoniano a Valanginiano, de acuerdo a algunas amonitas que Bürgl (1960) colectó en el área del río Batá; Diana Gutiérrez colectó en la misma localidad una fauna que fue clasificada como del Berriasiano al Valanginiano. La Formación Lutitas de Macanal se depositó en un ambiente marino, de aguas someras en una cuenca cerrada (Ulloa y Rodríguez, 1976). El límite superior de la Formación Lutitas de Macanal es concordante con la Formación Areniscas de Las Juntas.

Correlaciona con la parte inferior del Grupo Cáqueza, que Hubach (1961a) denominó como Esquistos de Sáname, Pizarras de la Culebra, y una serie de esquistos arcillosos y cuarcitas en la parte inferior, sin denominación y con la parte media del Grupo Cáqueza (Renzoni, 1967, en Ulloa et al., 2001).

### **3.1.2 Formación Areniscas de Las Juntas (Kiaj)**

El nombre de esta unidad fue propuesto por Ulloa y Rodríguez (1976) y proviene del caserío Las Juntas, para representar dos conjuntos arenosos separados por uno lutítico y corresponde a la parte superior del Grupo Cáqueza. La sección tipo de la unidad se estableció en el cañón del Río Batá entre las cuchillas de El Volador y El Dátil (carretera Guateque – Santa María).

La Formación Areniscas de Las Juntas se presenta en la Plancha 193 haciendo parte del flanco oriental del Sinclinal del Desespero, desde la vereda Quebrada Negra hasta la vereda Tutasá. Al norte y sur de Paya en una franja ancha de dirección SW-NE, acompañada de pliegues y en contacto fallado al oriente con la Formación Une.

Está conformada por estratos gruesos y muy gruesos de cuarzo arenitas de grano fino – medio, con laminación interna inclinada de bajo ángulo, con intercalaciones ocasionales de arcillolitas negras carbonosas. Presenta morfología de escarpes altos, que contrasta con la morfología ondulada de la infrayacente Formación Lutitas de Macanal y la suprayacente Formación Fόμεque

La unidad tiene un espesor de 800 a 1000 m en el área de Tauramena, según Ulloa, y Rodríguez, (1976), y de 773 m en la región de la Laguna de Tota (Ulloa, C., et al, 2001). El espesor aproximado, calculado en el área, con base en el corte geológico, es de 1000 m.

Según Bürgl (1960), la edad de esta Formación en el río Batá es Hauteriviano de acuerdo con la datación de las rocas infrayacentes (Valanginiano Superior) y suprayacentes (Barremiano – Aptiano). Etayo-Serna (1985), en ULLOA et al, *Geología de Piedemonte Llanero en la Cordillera Oriental, Departamentos de Arauca y Casanare. Memoria*

2001) le asigna una edad Hauteriviano al Aptiano inferior, en faunas estudiadas en las rocas supra e infrayacentes de la Formación Areniscas de Las Juntas, en el área del Cocuy; además, indica que la unidad en el área norte (Cocuy) se depositó en un lapso de tiempo mayor comparado con el área de Santa María de Batá.

El ambiente de depositación corresponde a un ambiente marino deltaico. Los contactos con la Formación Lutitas de Macanal y Fómeque son concordantes. Esta formación se correlaciona con la parte superior del conjunto medio y conjunto superior del Grupo Cáqueza de Hubach (1957a) y con la parte superior de la Parte Media del Grupo Cáqueza y la Formación Alto del Grupo Cáqueza según Renzoni (1969) en Ulloa et al., (2001).

### 3.1.3 Formación Fómeque (Kif)

Hubach (1957b) propuso el nombre de la Formación Fómeque para designar un conjunto de “esquistos verdosos, calizas y areniscas que afloran en el área de Ubaque Choachí - Fómeque” (Cuadrángulo L-11). La localidad tipo la definió Hubach (1957a) con base en la sección de la carretera Chipaque - Cáqueza y el área tipo comprende parte de los municipios de Ubaque, Choachí y Fómeque. La unidad en la localidad tipo se encuentra muy tectonizada.

Esta unidad está compuesta por arcillolitas grises oscuras, y limolitas comúnmente carbonáceas. Usualmente presenta capas de calizas café oscuro a grises las cuales alcanzan varios metros de espesor. Además, localmente se presentan limolitas micáceas, areniscas de grano fino y en algunos sitios lentes de coquina gris a negra. En toda la unidad se encuentran concreciones de pirita, pero éstas parecen ser más comunes en la parte superior de la formación.

La Formación Fómeque en la Plancha 193 se presenta como una franja alargada y angosta con dirección SW-NE, haciendo parte del flanco oriental del Sinclinal del Desespero, y es cortada en la zona sur por el río Cravo Sur, y en la zona norte por el río Payero. En la quebrada Los Yopos, cerca de la confluencia con el río Cravo Sur, aflora una pequeña franja (no cartografiable a escala 1:100.000) de arenitas y arcillolitas con laminación fláser, granos de glauconita y cemento calcáreo. La Formación Fómeque presenta morfología de colinas suaves y valles que contrasta con la topografía escarpada de las unidades infrayacente y suprayacente.

Su espesor varía entre 500 - 600 m, según Hubach (1945) y alcanza los 1200 m en la región del Guavio (Ulloa op. cit.).

La edad de la Formación Fόμεque ha sido considerada por Hubach (1957) Barremiano Medio – Aptiano Superior; y considera que la parte superior de la formación cubre hasta el Albiano Inferior, sustentada por Bürgl (1961a). En la carretera Guateque - Santa María, la unidad comprende del Hauteriviano al Albiano Inferior, de acuerdo con la fauna estudiada por Gutiérrez (Ulloa, C., et al., 2001).

Sus características litológicas y paleontológicas indican ambiente de depositación marino de aguas someras y circulación restringida (Ulloa, C. y Rodríguez, E., 1976). El contacto con la infrayacente Formación Areniscas de Las Juntas es concordante y transicional con la suprayacente Formación Une. Esta Unidad es correlacionable con la parte media de la Formación Tibasosa en la zona Tunja - Sogamoso (Cuadrángulo J-12) y su parte superior con la Formación Tibú - Las Mercedes en el área de los santanderes (Ulloa et al., 2001).

#### **3.1.4 Formación Une (Kiu)**

Está unidad fue descrita inicialmente por Hubach (1957a), quien propone el nombre de Formación Une para referirse a una secuencia de arenitas de grano fino con intercalaciones de lutitas en la parte media. Las arenitas se encuentran en potentes bancos con estratificación inclinada e bajo ángulo; su color por lo general es gris oscuro pero también se presentan capas de colores claros. La localidad tipo se encuentra al sureste de Bogotá en la carretera Bogotá - Villavicencio, entre Chipaque y Cáqueza.

En la Plancha 193 está unidad presenta buena exposición, mediante una franja alargada con dirección SW - NE haciendo parte del flanco oriental del Sinclinal del Desespero. También está en el Anticlinal de Monterralo y emerge por fallas de cabalgamiento (Sistema de Fallas de Guaicáramo) ocupando una extensa área de dirección SW – NE, con plegamientos (anticlinales y sinclinales). Litológicamente la Formación Une está conformada por cuarzo arenitas de grano fino – medio; localmente lentes delgados con gránulos de cuarzo. La geometría externa es tabular y subtabular con estratos gruesos a muy gruesos; la laminación interna es inclinada de bajo ángulo y localmente puede ser masiva; hay presencia de estilolitos. Los ángulos de buzamiento varían desde 40° hasta 88°, en muchos casos formando pendientes estructurales. El color de la roca es blancuzco y gris muy claro. La morfología de esta formación es de escarpes altos.

En la sección tipo de la Formación Une, Hubach (1931b), estima un espesor que varía entre 400 y 500 m. Según el esquema facial, propuesto en Ulloa et al. (2001), la unidad aumenta de espesor de SW a NE; además, mediante columna estratigráfica levantada en el área de La Laguna de Tota, obtuvo un espesor de 955 m. Ulloa & Rodríguez (1979), mencionan un espesor de 1100 m para la

formación, y Fabre (1981) un máximo de 1250 m en la región de la Sierra Nevada del Cocuy.

La edad de la Formación Une ha sido considerada Albiano a Cenomaniano (Burgl, H., 1.957 y Campbell, C., 1962, en Ulloa et al., 2001). El ambiente de depositación se interpreta como deltaico con influencia marina (Ulloa & Rodríguez, 1976, en Ulloa et ál., 2001). Diferentes autores coinciden en la correlación de la formación en la parte central de la Cordillera Oriental y el Piedemonte Llanero.

En el presente estudio, se levantó una columna estratigráfica ubicada sobre la margen izquierda del río Cravo Sur, al NW de la localidad de El Morro (Cuadrícula E2), con un espesor de 556.5 m; el contacto inferior con la Formación Fόμεque es neto y concordante. Muy cerca del municipio de Labranzagrande (fuera del área de trabajo), el contacto superior con la Formación Chipaque es neto y concordante. El Anexo N° 3 contiene la columna estratigráfica; el Anexo N° 5.3 el registro fotográfico, el Anexo N° 7.3 contiene la relación de muestras de roca colectadas en la columna estratigráfica y el Anexo N° 8 contiene la poligonal levantada.

### **3.1.5 Formación Chipaque (Ksc)**

El nombre de Chipaque fue utilizado por Hubach (1931a) y redefinido por Renzoni (1962), para designar la parte alta del Grupo Villeta. Litológicamente la Formación Chipaque está compuesta esencialmente por rocas blandas; hacia la parte inferior se encuentran lutitas y arcillolitas con pequeñas intercalaciones de areniscas. En la parte superior las areniscas se hacen más frecuentes encontrándose en bancos de más de 2 m de espesor, formando conjuntos de areniscas hasta de 25 m. La sección tipo de la Formación Chipaque ha sido establecida por Hubach (1931a) en la carretera Bogotá - Villavicencio, en el trayecto comprendido entre las poblaciones de Chipaque y Cáqueza.

En el área del presente trabajo, la Formación Chipaque aflora en franjas alargadas al NW de la Plancha 193, haciendo parte de los flancos del Sinclinal del Desespero; también aflora en los flancos del Anticlinal de Monterralo y emerge junto a otras formaciones por acción del Sistema de Fallas de Guaicáramo, en la vereda Guayabal (Cuadrángulo F1). También se presenta en una franja alargada haciendo parte de un sinclinal en la vereda Guayabal (Cuadrícula C5). La unidad se compone de gruesos paquetes de limolitas, arcillolitas laminadas de color gris oscuro e interestratificaciones menores de arenitas de grano fino; la laminación interna es plano paralela. Presenta morfología ondulosa y deprimida en medio de las formaciones Une y el Grupo Palmichal, que le infrayace y suprayace, respectivamente.

En la sección tipo, Hubach (1957a) estima para esta formación un espesor de 200 m. En la sección Sogamoso – Yopal, Mayorga y Vargas (1995) midieron un espesor de 645 m. Pulido y Gómez (2001) calculan un espesor aproximado de 500 m para el área de la Plancha 266 - Villavicencio En la quebrada de San Antonio, al occidente del Municipio de San Luis de Gaceno, la Formación Chipaque tiene un espesor de 565 m (GUERRERO y SARMIENTO, 1996). El espesor aproximado, calculado en el área del presente estudio es de 560 m, con base en el corte geológico.

Con base en datos palinológicos, Guerrero y Sarmiento (1996) le asignan a la Formación Chipaque una edad de Turoniano al Santoniano. Vergara y Rodríguez (1995), obtuvieron una edad del Cenomaniano al Campaniano, en análisis a muestras recolectadas cerca al sitio denominado El Crucero (vía Sogamoso – Pajarito). El ambiente de depósito según Guerrero & Sarmiento (1996), refleja zonas de bahías someras, zonas inundadas con depósitos de pantanos, lagunas costeras, llanuras de marea en un régimen de baja energía dominado por olas.

El contacto inferior con la Formación Une es neto concordante y se observó muy cerca de Labranzagrande (en el río Cravo Sur, fuera del área de trabajo); el contacto superior con el Grupo Palmichal es concordante. La Formación Chipaque se puede correlacionar con el Grupo Churuvita en la zona del Cuadrángulo J-12 (REZNONI, 1967, en ULLOA et al., 2001).

### **3.1.6 Grupo Palmichal (KPP)**

Este nombre fue propuesto por Ulloa y Rodríguez (1976), para referirse a tres conjuntos arenosos a guijarrosos, separados por dos conjuntos de arcillolitas y limolitas silíceas. La localidad tipo se encuentra en la quebrada Palmichal (Cuadrángulo K.12).

El Grupo Palmichal en la zona de trabajo aflora al NW de la Plancha 193 en el Sinclinal del Desespero, al SW en el Anticlinal de Monterralo, y fallado en la cuadrícula A7. Se encuentra conformado capas medias a gruesas tabulares de arenitas de grano muy fino hasta medio, con laminación plano paralela de color gris claro En general la unidad presenta una topografía de pendiente alta.

El espesor medido por Ulloa y Rodríguez (1981) fue de 540 m. En el presente trabajo el espesor se interpreta en 600 m de acuerdo al corte geológico. La edad para esta formación ha sido establecida por Vergara y Rodríguez (1997), (en ULLOA et al., 2001) como Campaniano al Paleoceno Inferior. Se correlaciona en la Sabana de Bogotá con el Grupo Guadalupe, la Formación Guaduas y la Formación Socha Inferior y en la zona de Santander con las formaciones La Luna, Catatumbo y Barco (Ulloa et al., 2001).

Esta unidad fue acumulada en un ambiente pantanoso a lagunar marino (ULLOA y RODRÍGUEZ, 1981) El contacto con la suprayacente Formación Arcillas de El Limbo es concordante e infrayace con la misma relación a la Formación Chipaque.

### 3.1.7 Formación Arcillas de El Limbo (Pal)

Definida por Hubach 1941 (en VAN Der HAMMEN, 1958) quien propuso el nombre Formación Arcillas de El Limbo para describir unas arcillas esquistas grises y verdes con intercalaciones de areniscas y mantos de carbón, que afloran unos 2 km al noroeste de El Morro, sobre el río Cravo Sur. La localidad tipo está ubicada cerca al caserío El Limbo, 2 kilómetros al NW de El Morro, río Cravo Sur.

La Formación Arcillas de El Limbo presenta buena exposición en la Plancha 193, al NW en el Sinclinal del Desespero con un buzamiento muy bajo; al SW en el Anticlinal de Monterralo con buzamientos altos y en la Cuadrícula A7 (río Tocaría) emerge por acción del Sistema de Fallas de Guaicáramo. Litológicamente esta unidad está compuesta por arcillolitas laminadas de color gris-verdoso a veces con tonos violáceos con intercalaciones de carbón y es frecuente encontrar algunas estratos de arenitas medias de cuarzo, color blanco con espesores hasta de 3 m. La laminación interna es plano paralela y el cemento silíceo. La Formación Arcillas de El Limbo está caracterizada morfológicamente por originar una topografía suavemente ondulosa, como producto de su carácter litológico arcilloso.

Su espesor en la localidad tipo es de aproximadamente 250 m; en el Cuadrángulo K-12 se reporta un espesor de 180 m. En el presente trabajo se calcula en 200 m de acuerdo al corte geológico. La Formación Arcillas de El Limbo se superpone concordantemente sobre los estratos del Grupo Palmichal y su contacto con la suprayacente Formación Areniscas de El Limbo se puede considerar como paraconcordante con base en las diferencias de edades (PULIDO y GÓMEZ, 2001). En el área de El Morro (Plancha 193), el contacto es neto y concordante entre La Formación Arcillas de El Limbo y Las Areniscas de El Limbo.

La edad de la Formación Arcillas de El Limbo según Van Der Hammen (1957) fue establecida con base en análisis palinológicos dando como resultado Paleoceno. Según Ulloa y Rodríguez (1976), el ambiente de depositación es pantanoso a lagunar marino. Se correlaciona con las formaciones Socha Superior (Paz del Río) y los Cuervos (Catatumbo).

### 3.1.8 Formación Areniscas de El Limbo (Parl)

Hubach 1941 (en VAN Der HAMMEN, 1958), designa el término Formación Areniscas de El Limbo a una secuencia de areniscas conglomeráticas, arcillas, areniscas y lutitas que afloran cerca al caserío de El Limbo. La sección tipo de esta unidad se encuentra localizada en la Quebrada El Limbo (VAN Der HAMMEN, 1958).

La Formación Areniscas de El Limbo se observa aflorando en la Plancha 193, en el Sinclinal del Desespero, con buzamiento bajo; al SW en el Anticlinal de Monterralo con buzamientos variables altos y bajos; en las cuadrículas A7 – B7 irrumpe por acción del sistema de fallas de Guaicáramo. Esta unidad está constituida por areniscas conglomeráticas con guijos de hasta 5 cm de diámetro y conglomerados con cantos subredondeados de cuarzo, cementados en una matriz arenosa. En el cuadrángulo K-13 se encuentra constituida por conglomerados con cantos subredondeados de cuarzo con matriz arenosa, suprayacida por arcillolitas y lutitas que dan paso hacia el tope a areniscas cuarzosas blanco amarillentas, de grano medio a conglomerático, con laminación inclinada. Morfológicamente se observa topografía de escarpes en el Anticlinal de Monterralo.

La Formación Areniscas de El Limbo se calcula el espesor en 160 m en el Cuadrángulo K-12, según Ulloa, et al. (2001); en el presente trabajo se calcula en 180 m de acuerdo al corte geológico.

Ulloa y Rodríguez (1981) consideran que el ambiente de depósito fue principalmente deltaico, con influencia lagunar marina. En el área de estudio la Formación Areniscas de El Limbo se observó infrayaciendo y suprayaciendo concordantemente a las unidades Arcillas de El Limbo y San Fernando, respectivamente. Van der Hammen (1968) considera esta unidad como del Eoceno Inferior al Eoceno Medio y la correlaciona con la Formación Mirador de la zona del Catatumbo y la Formación Picacho de la zona de Paz de Río. La edad reportada según Ulloa y Rodríguez (1976), corresponde al Eoceno Superior - Oligoceno.

### 3.1.9 Formación San Fernando (Nsf)

Descrita inicialmente por Renz (1938) en Van Der Hammen (1958) para describir lutitas y arcillas fósiles de color gris a gris verdoso con intercalaciones de areniscas. La localidad tipo se encuentra aflorando en la Mesa de Hernández, extremo noroeste de la Sierra de La Macarena.

En el área de trabajo, la Formación San Fernando se encuentra aflorando en la esquina NW de la Plancha 193, en el núcleo del Sinclinal del Desespero; al SW en los flancos del Anticlinal de Monterralo y desde allí se extiende en dirección

SW-NE a lo largo del trazo de la Falla de Guaicáramo la cual la pone en contacto fallado con la Formación Une al occidente y con ella misma al oriente. También hace parte de los flancos del sinclinal de Nunchía (planchas 193 y 194) y del Sinclinal de Zapatosa (Plancha 212). Litológicamente está constituida por limolitas y arcillolitas con intercalaciones de areniscas grises a amarillentas de grano fino, presenta ocasionalmente algunos lentes delgados de carbón. Geomorfológicamente su topografía es baja, ondulada, formando valles y contrasta con los escarpes de la Formación Areniscas de El Limbo que le infrayace y con la Formación Diablo, que la suprayace.

Según Ulloa y Rodríguez (1981), la unidad presenta un espesor que varía entre los 800 y 1000 m. En el presente trabajo se calcula en 1000 m de acuerdo al corte geológico. El límite con la unidad suprayacente (Formación Diablo Inferior) es aparentemente transicional y el contacto con la infrayacente (Formación Areniscas de El Limbo) en la zona es fallado, también se encuentra en contacto fallado con la Formación Une.

Según estudios de Van Der Hammen (1958), la Formación San Fernando fue acumulada bajo un ambiente marino lagunar con influencia deltaica, durante el Eoceno Tardío y el Oligoceno Temprano; pero recientemente Dueñas y Van Der Hammen (2007), mediante análisis palinológicos de dos muestras pertenecientes a la Formación San Fernando Superior (Quebrada Jarana, Plancha 193), asignaron a sedimentos de esta unidad (San Fernando Superior) la edad de Mioceno Medio, que se depositó en mares someros y la correlaciona con la Formación León, de la Cuenca de Maracaibo y con la Formación Pebas, que aflora en la parte occidental de la Cuenca del Amazonas; también se correlaciona con la Formación Concentración de Paz del Río.

### **3.1.10 Formación Diablo Inferior (Ndi)**

El nombre La Formación Diablo fue utilizado por primera vez por Van Der Hammen (1958). Este nombre es utilizado para representar un conjunto de areniscas y lutitas que afloran en la Loma Turuba inmediaciones del Río Cusiana. Renzoni (1991), en su trabajo sobre la geología de El Yopal, subdivide por primera vez la Formación Diablo en Conjunto Superior y Conjunto Inferior. Hoy en día se conocen simplemente como Diablo Inferior y Diablo Superior. La Formación Diablo Inferior contiene abundante presencia de material redepositado indicando que estos sedimentos se depositaron en ambientes fluviales de alta energía y son el resultado de un intenso periodo erosivo en la Cordillera Oriental durante la fase inicial de la Orogenia Andina (DUEÑAS y VAN Der HAMMEN, 2007).

En el área del presente trabajo, la Unidad se encuentra aflorando en los flancos de los sinclinales de Nunchía y Zapatosa (Planchas 212, 193 y 194), en una franja de dirección SW – NE. Su litología corresponde a un conjunto de arenitas

con intercalación de limolitas. La geometría externa de las capas es canaliforme y subtabular con un espesor grueso y muy grueso, con zonas de contacto netas, erosivas; la laminación interna dominante es inclinada de bajo ángulo; el color predominante es rojizo. La Formación Diablo Inferior presenta un relieve sobresaliente conformado por tres filos continuos que se alternan con dos valles que son el reflejo topográfico de la alternancia de niveles arenosos y arcillosos dentro de esta unidad (DUEÑAS y VAN Der HAMMEN, 2007).

El límite con la Formación suprayacente (Formación Diablo Superior) es inconforme y el límite con la infrayacente (Formación San Fernando) es transicional (DUEÑAS y VAN Der HAMMEN, 2007). En el presente trabajo se calcula el espesor de la Unidad en 620 m de acuerdo al corte geológico. Dueñas & Van Der Hammen (2007) han calculado sobre el mapa geológico 600 m de espesor; además, llevaron a cabo un análisis de laboratorio a 16 muestras de litologías limo-arcillosas de donde obtuvieron una buena asociación de palinomorfos y finalmente lograron asignar edad Mioceno Tardío a la Formación Diablo Inferior. Además, estos autores correlacionan a la Formación Diablo Inferior con la parte inferior de la Formación Guayabo a la cual los geólogos de INTERCOL y algunas otras operadoras petroleras denominan Formación Charte.

### **3.1.11 Formación Diablo Superior (Nds).**

Van der Hammen (1958) fue quien utilizó por primera vez el nombre de Formación Diablo para representar un conjunto de arenitas y limolitas que afloran en la Loma Turuba - Río Cusiana. Posteriormente Renzoni (1991), en su trabajo sobre la Geología de El Yopal subdivide por primera vez la Formación Diablo en Conjunto Superior e Inferior, y estima para la Unidad un espesor total de 600 m.

Está unidad se encuentra aflorando en los flancos de los sinclinales de Nunchía y Zapatosa (planchas 212, 193 y 194), en una franja ancha y alargada con dirección SW-NE. Está compuesta por estratos medios a gruesos, canaliformes, tabulares y subtabulares de arenitas cuarzosas, litoarenitas, de colores gris y verdoso, de grano fino a medio con estratificación inclinada de bajo ángulo y masiva; además, limolitas grises verdosas y arcillolitas. Forma pendientes estructurales en los flancos de los sinclinales mencionados. En la Formación Diablo Conjunto Superior se observan formas escalonadas constituidas por bancos salientes de arenitas y continuos estratos entrantes de limolitas, los cuales son muy bien demarcados, dándole una característica que la distingue muy fácilmente de la unidad infrayacente, Formación Diablo Conjunto Inferior.

Dueñas y Van Der Hammen (2007), analizaron en el laboratorio dos muestras de roca de esta unidad para determinar su edad, sin resultados por estar estériles de palinomorfos, lo cual les impidió asignar a estos sedimentos una

edad por métodos palinológicos y concluyen que por su posición estratigráfica, la Formación Diablo Superior no puede ser más antigua que Mioceno Tardío, teniendo en cuenta la edad establecida para la Unidad infrayacente, Diablo Conjunto Inferior, y la correlacionan tentativamente con la parte superior de la Formación Guayabo y con la denominada por los geólogos de INTERCOL Formación Calzón.

El ambiente de depositación de la Formación Diablo Superior es fluvial de alta energía y es el resultado de un intenso periodo erosivo en la Cordillera Oriental durante la fase inicial de la Orogenia Andina (DUEÑAS y VAN Der HAMMEN, 2007). El contacto con la unidad infrayacente (Formación Diablo Superior) es inconforme.

### **3.1.12 Depósitos Cuaternarios**

#### **3.1.12.1 Cuaternario Terraza Planicie Aluvial (Qtp)**

Se caracteriza por ocupar gran parte del Departamento de Casanare, con un relieve casi horizontal; se ha formado por los grandes depósitos acumulados por los desbordes de los ríos que drenan la llanura.

Estos depósitos están constituidos, en la llanura, por limo, arcilla y clastos pequeños irregulares de areniscas de grano fino oxidadas. Hacia el piedemonte el tamaño de las partículas es mayor, constituida por material gravo – arenoso y matriz lodo – arcillosa; en algunos sectores están suprayacidas por depósitos coluvio aluviales.

#### **3.1.12.2 Cuaternario dunas (Qed)**

Se observaron depósitos al oriente del Departamento de Casanare y occidente de Vichada; caracterizadas por granulometría de arena fina bien seleccionada y colores amarillo – ocre por oxidación (*ver figuras 4 y 5*).



**Figura 4.** Afloramiento de dunas en la margen izquierda de la vía que conduce a la Finca Motopista, San Luis de Palenque (Casanare).



**Figura 5.** Afloramiento de duna en la margen izquierda del Caño Santa Rosalía (Vichada).

### 3.1.12.3 Cuaternario Abanico Coluvio Aluvial (Qac)

Se trata de depósitos de carácter mixto o mezcla de materiales poco transportados a lo largo de una pendiente o cauce con aportes de las laderas.

El depósito se componen de cantos y gravas de areniscas cuarzosas, semi-angulosos a semi-redondeados en matriz de arena limo-arcillosa.

#### 3.1.12.4 Cuaternario aluvial (Qal)

Son depósitos acumulados en las márgenes divagantes de los principales ríos y caños. En la región de llanura, están constituidos por sedimentos finos (limo, arcilla y ocasionalmente arena); en la región de piedemonte y montaña el tamaño de las partículas es mayor llegando hasta bloques.

En el río Meta, se forman grandes y gruesas barras laterales, longitudinales y transversales de arenas de grano fino y matriz lodo - arcillosas, con estratificación inclinada de muy bajo ángulo, de color gris a marrón claro.

### 3.2 DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA DEL CUATERNARIO POR PLANCHAS A ESCALA 1:100.000

Grandes y extensos depósitos cuaternarios se han venido formando y acumulando de manera continua, como consecuencia de los procesos de levantamiento y erosión de la cordillera Oriental; estos depósitos están cubriendo la mayor parte del área del proyecto razón por la cual aparecen representados en los mapas geológicos como zonas enormes de diferentes tonos grises. Por esta condición, se hace necesario hacer la descripción litológica de los sedimentos recientes, por plancha para discriminar las características que hay en ellas.

#### 3.2.1 Plancha 193

##### 3.2.1.1 Cuaternario Aluvial (Qal)

Corresponde a los sedimentos que se han acumulado en las márgenes de los principales ríos, aprovechando las zonas de menor pendiente y/o depresiones adyacentes. El eje del Sinclinal de Nunchía tiene las características antes mencionadas y por ello el depósito se presenta en una franja alargada y ancha semi - paralela al sinclinal y al cauce de los ríos Payero y Tocaría con arena gruesa hasta cantos; y de manera ramificada y perpendicular bajan sedimentos más gruesos (hasta bloques angulosos) provenientes de la parte alta de la cordillera a través de las quebradas Niscota, Barreña, y los ríos Nunchía, Payero y Tocaría.

En el río Cravo Sur (Cuadrángulo D1), se presenta una franja larga y angosta constituida principalmente por sedimentos areno-lodosos y grandes bloques dentro de la corriente, que por gravedad se han desprendido de las laderas y caído dentro del cauce del río. Más abajo, en la localidad del Morro, se encuentra un gran depósito Cuaternario de origen aluvial, proveniente del

material arrastrado por varias quebradas que nacen en el Alto del Zorro, La Cuchilla Las Barras y la Loma de Ambita. Este material se obstruye en la garganta que forman el Filo Los Pozos y la Cuchilla El Cagüi (parte inferior derecha del Cuadrángulo F3, para luego explayarse hacia el núcleo del Sinclinal de Nunchía, antes de encontrar otra garganta que la separa del Municipio de Yopal.

En el Cuadrángulo C1, hay un depósito Cuaternario de origen aluvial, que modela un hermoso paisaje a lo largo de la Quebrada Grande, en el límite de las formaciones Une y Chipaque, aprovechando el contraste de dureza de las rocas y el cambio de pendiente del Sinclinal del Desespero; se caracteriza por presentar material areno-lodoso en la parte externa y material grueso y mal seleccionado en el centro del cauce.

### 3.2.2 Plancha 194

#### 3.2.2.1 Cuaternario Terraza de Planicie Aluvial (Qtp)

Domina gran parte del área de la plancha y se formó por el material transportado de los grandes ríos que drenan desde la cordillera y que al encontrar el cambio brusco de pendiente se depositaron seleccionando primero el material grueso en el piedemonte y material más fino (arena, limo y arcilla) a medida que se adentra en la planicie; también materia orgánica disgregada.

#### 3.2.2.2 Cuaternario Abanico Coluvio Aluvial (Qac)

En los cuadrángulos A3 y A4, se presenta un depósito coluvio aluvial constituido de cantos angulares de arenitas, material más fino disgregado, mal seleccionado en una matriz areno - lodosa. Este material proviene de las formaciones Diablo Inferior y Diablo Superior cuando pequeñas quebradas en época de lluvias torrenciales arrastran y acumulan el sedimento hasta la zona de planicie aprovechando el cambio de pendiente del piedemonte.

#### 3.2.2.3 Cuaternario Aluvial (Qal)

Son los depósitos de sedimentos que se han acumulado en las márgenes de los principales ríos, aprovechando las zonas de menor pendiente y/o depresiones adyacentes. El río Pauto acumula material más grueso y mal seleccionado (bloques, cantos, arena muy gruesa), de diferente litología hacia las cercanías del piedemonte y su geometría corresponde a un río anastomosado; a partir del Cuadrángulo C5 las características cambian: los sedimentos son más finos (limos, arcillas, arena fina a muy fina), la pendiente es mucho menor y la geometría del canal es meándrica. Este río junto al río Curama, forman una franja ancha de depósito Cuaternario aluvial, en dirección de sus cauces (NW – SE), producido por muchos episodios de desborde de sus cauces en la una llanura. En el Cuadrángulo H2, el río Tocaría tiene una

*Geología de Piedemonte Llanero en la Cordillera Oriental, Departamentos de Arauca y Casanare. Memoria*

geometría meandriforme y ha acumulado sedimentos de tamaño arena fina, limos y arcilla.

Algunos caños como Carúpano, Santa Marta, San Rafael, Guamalito, La Cañada y el río Guachiría, entre otros, tienen alguna capacidad de transporte y acumulación de sedimentos finos (limos y arcillas) en sus márgenes.

### **3.2.3 Plancha 212**

#### **3.2.3.1 Cuaternario Terraza de Planicie Aluvial (Qtp)**

Se encuentra cartografiada hacia la parte derecha de la plancha, predominando sobre gran parte del área y está constituido por sedimentos de tamaño limo, arcilla y arena fina. En algunos lugares escavados para hacer terraplenes, se observan pequeños lentes arenáceos, clastos pequeños de arenita oxidada y materia orgánica disgregada.

#### **3.2.3.2 Cuaternario Aluvial (Qal)**

Se presenta un depósito aluvial en el extremo NW de la plancha, formado por los sedimentos acumulados por el río Charte, el Caño Cunama y la quebrada El Tigre. El río Charte está topográficamente en la parte alta de su curso, razón por la cual los sedimentos están mal seleccionados, el tamaño varía de grueso hasta fino (bloques, cantos, arena gruesa, limo), debido a la pendiente, su caudal y poder erosivo; por otro lado el tamaño de los sedimentos en el caño El Tigre y la quebrada Cunama es menor.

En la parte SE de la plancha, el río Charte es meandriforme y junto al Caño Guarimena han acumulado sedimentos de tamaño arena fina, limo, arcilla.

### **3.2.4 Plancha 213**

#### **3.2.4.1 Cuaternario Terraza de Planicie Aluvial (Qtp)**

Se presenta dominando gran parte del área de la plancha por los sedimentos transportados y acumulados por los grandes ríos que han drenado desde la cordillera; se compone en general de material de tamaño fino (arena fina, limo y arcilla); dentro de ellos clastos irregulares pequeños de arenita de grano fino oxidados y restos de materia orgánica diseminados.

#### **3.2.4.2 Cuaternario Aluvial (Qal)**

En el Cuadrángulo A2, se unen los cauces de los ríos Tocaría y Cravo Sur, que traen una geometría meándrica; a partir de allí, adoptan una geometría mixta entre anastomosada, rectilínea y meandriforme como consecuencia de la unión de sus caudales y la carga de sedimentos que cada uno trae. Grandes

depósitos de arena gruesa y limo de color gris claro son acumulados en las márgenes y dentro del canal del río Cravo Sur.

Los caños Canacabare, Güirripa y Guanápalo, transportan y acumulan en sus márgenes sedimentos finos de limo, arcilla y en poca proporción arena fina, de color gris claro.

### **3.2.5 Plancha 214**

#### **3.2.5.1 Cuaternario Terraza de Planicie Aluvial (Qtp)**

Los depósitos de terraza de planicie aluvial domina la mayoría del área de la plancha y está constituido por sedimentos de tamaño limo, arcilla y arena fina, de color gris claro y beige claro. En algunos lugares escavados para hacer terraplenes, se observan pequeños lentes arenáceos, clastos pequeños de arenita oxidada y restos de materia orgánica disgregados.

#### **3.2.5.2 Cuaternario Eólico (Qed)**

Compuesto por depósitos de arena cuarzosa de tamaño fino bien seleccionada, de tonos de color gris claro, beige y algo rosado por oxidación, la geometría corresponde a dunas longitudinales y transversales en menor cantidad. Presentan una dirección preferencial NE –SW, ligada a los vientos alisios del hemisferio norte, de acuerdo a lo señalado por varios autores en Khobzi (1981). En las fotografías aéreas se observa que las dunas tienen colas hasta de varios kilómetros de distancia, a manera de largas filas paralelas entre ellas, que han migrado por la fuerza del viento. En campo se observaron ondulaciones suaves, con poca altura, cubiertas casi siempre por vegetación y observadas en los cauces de algunos caños por la incisión en ellas del agua; no se evidenciaron estructuras internas pero se infiere cruzada de acuerdo a la literatura.

#### **3.2.5.3 Cuaternario Aluvial (Qal)**

Depósitos aluviales importantes se encuentran en las márgenes del río Pauto y los caños Guanápalo, El Tigre y Gandul; se componen en general de sedimentos finos como limo, arcilla y arena fina a muy fina. En épocas de lluvia, el cauce de los cuerpos de agua es susceptible a desborde en estas zonas planas y es allí donde se acumulan los sedimentos.

### **3.2.6 Plancha 215**

#### **3.2.6.1 Cuaternario Terraza de Planicie Aluvial (Qtp)**

La cartografía de esta unidad domina gran parte del área de la plancha; está compuesto de material de tamaño arena fina, limo, arcilla, clastos irregulares

pequeños de arenita de grano fino oxidados y restos de materia orgánica diseminados.

### 3.2.6.2 Cuaternario Eólico (Qed)

En esta plancha, los depósitos eólicos se componen de arena cuarzosa de tamaño fino bien seleccionada, de tonos de color gris claro, beige y algo rosado por oxidación, la geometría corresponde a dunas transversales con ramificaciones a manera de dedos con dirección preferencial NE –SW, ligada a la fuerza de los vientos alisios del hemisferio norte, de acuerdo a lo señalado por varios autores en Khobzi (1981). Se destacan grandes depósitos de dunas en la parte N – NW de la plancha, que en campo se evidenciaron como ondulaciones suaves con poca altura y planas, cubiertas casi siempre por vegetación y observadas en las márgenes de algunos caños (La Llorona, El Abanico, Yatea y Santa Rosalía) por la incisión en ellas del agua; allí pueden presentarse como masas consolidadas con cemento ferruginoso, con muchas cavidades muy pequeñas hechas por el lavado del agua al retirar las partículas limo – arcillosas. No se evidenciaron estructuras internas pero se infiere cruzada de acuerdo a la literatura.

### 3.2.6.3 Cuaternario Aluvial (Qal)

Se origina por los materiales transportados y depositados por la corriente del río Pauto, el río Meta, los caños Guaracura, Avipas, Camuara, La Balsa, Gandul, Guanápalo, Elvita, Negro, y otros, en sus márgenes y llanuras de inundación. Los sedimentos se componen especialmente de limos, arcillas y arenas finas; algo de estas arenas provienen de las dunas.

El río Meta a su paso por la Plancha 215, transporta una gran cantidad de sedimentos de tamaño arena, limo, arcilla y materia orgánica, que se ve reflejado en islotes, barras, laterales, longitudinales y compuesto principalmente por material arenáceo, con laminación interna inclinada de bajo ángulo.

## 3.2.7 Plancha 231

### 3.2.7.1 Cuaternario Terraza de Planicie Aluvial (Qtp)

Se presenta cubriendo la llanura y se compone de sedimentos, en su mayoría, de tamaño limo, arcilla y en menor proporción arena fina; embebido en este material y de forma disgregada hay materia orgánica.

### 3.2.7.2 Cuaternario Aluvial (Qal)

Depósitos aluviales recientes acumulados por los ríos Cusiana y Charte a manera de anchas franjas paralelas al curso de la corriente de agua; también en los caños Paloblanco, Guariamena y Cañada Grande. Se compone de materiales como arena, arcilla y limo, de color gris claro, con materia orgánica disgregada.

## 3.2.8 Plancha 232

### 3.2.8.1 Cuaternario Terraza de Planicie Aluvial (Qtp)

La cartografía geológica de los depósitos de terraza aluvial, dominan el área de la plancha y se compone en general de material de tamaño fino (arena fina, limo y arcilla); dentro de ellos clastos irregulares pequeños de arenita de grano fino oxidados y restos de materia orgánica diseminados; ellos han sido transportados y acumulados por los grandes ríos que han drenado la llanura desde la cordillera.

### 3.2.8.2 Cuaternario Aluvial (Qal)

Numerosos caños con dirección preferencial de 140° a 150° recorren la plancha; algunos de ellos son los caños: Güirripa, Canacabare, Maremare, Surimena, Guarimena, Tejemena, Casimena, Materro, Dumagua del Sur. Los sedimentos acumulados en sus márgenes y llanuras de inundación corresponden a limo, arcilla y en menor proporción arena de color gris medio a claro.

Los sedimentos de los ríos Cravo Sur, Cusiana y en especial el Meta corresponden principalmente a arenas de tamaño grueso hasta muy fino, limo y arcilla y materia orgánica. La morfología de los dos primeros es mixta: anastomosado y meándrico, con numerosas barras laterales, islotes elongados y brazos abandonados. El río Meta en este sector puede inundar las zonas bajas adyacentes a su cauce y modificar el curso de la desembocadura de los caños que se unen en él.

## 3.2.9 Plancha 233

### 3.2.9.1 Cuaternario Terraza de Planicie Aluvial (Qtp)

En esta plancha se compone de sedimentos finos como limo, arcilla, arenita fina, lentes arenáceos, clastos irregulares pequeños de arenita, y de manera disgregada restos de materia orgánica; el color varía de gris claro, beige y moteado de minerales oxidados.

### 3.2.9.2 Cuaternario Eólico (Qed)

El depósito corresponde a una duna con geometría transversal, compuesta por un gran depósito de arena cuarzosa de tamaño fino bien seleccionada, de tonos de color gris claro, beige y algo rosado por oxidación. Se encuentra en el Cuadrángulo D2, bordeando las márgenes del Caño Güirripa, quien destapa afloramientos de arenitas consolidadas por cemento ferruginoso; no se evidenciaron estructuras internas pero se infiere cruzada de acuerdo a la literatura.

### 3.2.9.3 Cuaternario Aluvial (Qal)

Se presenta a manera de delgadas franjas bordeando las márgenes de los caños Güira, Güirripa, San Miguel, El Conejo, Duya, Maremare, con una dirección aproximada de 130° buscando desembocar en el Río Meta. El tamaño del sedimento es arena muy fina, arcilla, limo, materia orgánica; el color es gris claro a medio.

El río Cravo Sur y en especial el río Meta, acarrear y depositan grandes volúmenes de sedimentos arenáceos en barras laterales, islotes y en la llanura de desborde; en menor proporción hay sedimentos de tamaño limo, arcilla y con ellos materia orgánica; el color del material es gris claro a medio y presentan laminación interna inclinada de bajo ángulo.

## 3.2.10 Plancha 250

### 3.2.10.1 Cuaternario Terraza de Planicie Aluvial (Qtp)

Son depósitos dejados por grandes ríos que desde la cordillera han drenado la planicie en dirección NW – SE; se componen de material de tamaño limo, arcilla, materia orgánica diseminada y clastos pequeños de areniscas de grano fino oxidadas; el color de los sedimentos es gris claro y moteado rojizo por minerales oxidados.

### 3.2.10.2 Cuaternario Aluvial (Qal)

Son depósitos recientes acumulados en las márgenes de los caños Bujumena y Maripanato; se componen de material de tamaño limo, arcilla, arena fina y dentro de ellos materia orgánica, dándole un tono de color gris claro a medio.

## 3.2.11 Plancha 251

### 3.2.11.1 Cuaternario Terraza de Planicie Aluvial (Qtp)

Es un gran depósito sedimentos limo – arcillosos, areno lodosos y clastos pequeños arenosos oxidados, que se ha acumulado en la planicie debido a las

continuas inundaciones de grandes ríos que han fluido desde la cordillera. En área de la Vereda la Poyata, este tipo de depósito puede tener varias decenas de espesor de acuerdo a comunicación verbal sobre un pozo realizado allí.

### 3.2.11.2 Cuaternario Aluvial (Qal)

El río Cusiana con un morfología meándrica desarrolla depósitos de barra de punto (parte interior de la curva del canal) con tamaño de arena gruesa, y una franja ancha paralela a la dirección general del río caracteriza los sedimentos finos depositados por suspensión debido a las aguas que inundan la planicie adyacente al canal; este tipo de depósito aluvial tiene poco espesor y contiene gran cantidad de orgánica.

El río Meta fluye con una estructura rectilínea a anastomosado, transportando y acumulando grandes cantidades de sedimentos arenáceos a manera de barras muy largas en las orillas y a veces formando islas, con estratificación interna inclinada de bajo ángulo; con capacidad para inundar las zonas adyacentes bajas en épocas lluviosas y depositar allí sedimentos finos limo – arcillosos laminados y materia orgánica.

Varios caños como Támara, Maximena, Dumasita, Dumagua del Sur, Cururupa, Casimena y Tejemena circulan hacia el río Meta acumulando en sus márgenes sedimentos aluviales finos limo – arcillosos y en menor proporción arena fina y materia orgánica.

## 4. TECTÓNICA

### 4.1 TECTÓNICA REGIONAL

El área de estudio se encuentra dentro de la denominada Cuenca Antepaís de los Llanos Orientales cuyas zonas limítrofes son: el borde Colombo-Venezolano al norte, La Sierra de La Macarena y el Arco del Vaupés en el Sur, el Escudo de La Guayana al este y El Sistema de Fallas de Guaicáramo al oeste.

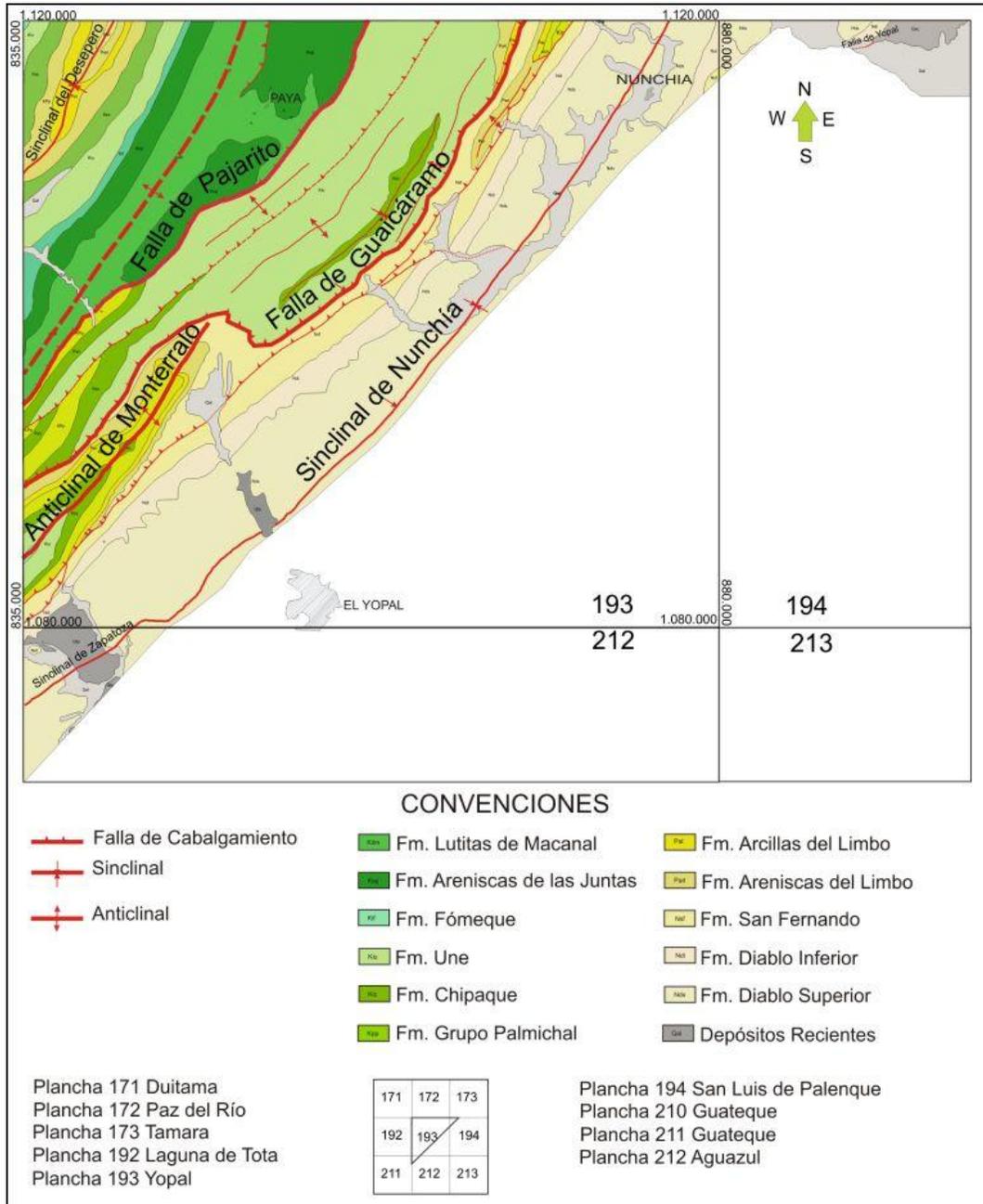
En el interior de la cuenca se pueden distinguir dos zonas que difieren estructuralmente, la primera está comprendida por un área que topográficamente presenta un relieve quebrado denominado Piedemonte Llanero y una segunda zona de topografía casi plana, con relieve de llanura de gran extensión.

El Piedemonte Llanero está controlado por un estilo estructural compresivo que da lugar a la formación de pliegues y fallas inversas de alto y bajo ángulo ó de cabalgamiento, producto del evento de la Orogenia Andina. Así mismo, es posible encontrar numerosas geofomas derivadas de actividad neotectónica en este frente de montaña correspondientes a escarpes de falla y terrazas aluviales (ríos Charte, Cravo Sur, Payero y Tocaría) levantadas, plegadas y basculadas. El flujo de los ríos principales y afluentes secundarios y terciarios está controlado por fallas o por el basculamiento de bloques, como es el caso del río Tocaría y Payero, que se alinean por el Sistema de Fallas de Guaicáramo con una dirección N38°E (determinado a través de fotogeología en la Plancha 193).

Por otro lado, hacia la porción media a distal de la cuenca de antepaís, en el relieve de llanura, no se encontraron evidencias de fallas en superficie, pero predomina un estilo estructural extensivo con presencia de fallas normales de rumbo preferencial NE-SW, con alto ángulo de buzamiento, que en profundidad parten del basamento afectando unidades que van desde el Paleozoico hasta el Cuaternario, mostrándose así en registros sísmicos. El origen de estas fallas es explicado en la literatura como respuesta del basamento a las cargas del cinturón orogénico, el cual se flexiona y en consecuencia origina estructuras de deformación frágil (PACIFIC RUBIALES ENERGY, 2009; Confidencial).

## 4.2 ESTRUCTURAS

### 4.2.1 Fallas



**Figura 6.** Ubicación de las principales fallas que se encuentran afectando el Piedemonte Llanero.

#### 4.2.1.1 Falla de Guaicáramo

Segovia y Renzoni (1965) en Suárez (1985) en su trabajo del Cuadrángulo L-12, mencionan una falla inversa de gran magnitud que limita la parte Oriental de la Serranía de las Palomas, y teniendo como referencia algunos reportes de compañías petroleras, la denominan como Falla de Guaicáramo. Dicha estructura se encuentra localizada en los departamentos de Casanare y Arauca, se ubica entre las fallas de Pajarito y Yopal y continua hacia el norte aproximándose a la Falla de Chucarima donde no es bien determinada. Según Carrillo y Vergara (1981), su orientación preferencial corresponde a N25°E y su plano de falla se encuentra buzando al oeste. La Falla de Guaicáramo es un conjunto de fallas paralelas, cuyo plano principal tiene longitud superior a 185 km; presenta movimiento dextral (derecho lateral). Cuellar et al., 1988 (en CARRILLO y VERGARA 1981), mediante estudios de sismicidad instrumental le atribuyen a ésta falla actividad sísmica actual.

La Falla de Guaicáramo en la Plancha 193, se encuentra localizada en la parte central atravesándola en sentido SW-NE. En el Cuadrángulo F1, en la Cuchilla Las Barras y Cuchilla Las Lajas, pone en contacto rocas de edad Paleógeno (Formación Areniscas del Limbo), con rocas de edad Cretácico (Formación Chipaque y Une); luego, la Formación Une cabalga sobre la Formación San Fernando en las localidades Loma El Paraíso, Alto del Zorro, en las veredas San Martín, Maguito, Guayabal y Centro a la altura de Morcote (Figura 6).

Otra falla que hace parte del sistema Guaicáramo localizada un poco al este y paralela de la anterior descrita, limita los flancos el Anticlinal de Monterralo; luego, en la parte central de la Plancha 193 - Yopal esta falla repite parte de la Formación San Fernando hasta muy cerca de su intersección con la quebrada Niscota; allí pone en contacto a la Formación Areniscas de El Limbo con la Formación San Fernando (Anexo N°5.2, Fotografía 193-II-A-JR017-F3).

A través del trazo de la Falla de Guaicáramo se observan plegamientos, rocas trituradas y fuertes escarpes, producto del cabalgamiento entre diferentes unidades de roca. En la Plancha 192 - Laguna de Tota, Ulloa et al. (2001) la denominan Falla de Mirador.

#### 4.2.1.2 Falla de Pajarito

La Falla de Pajarito es la más occidental del Sistema Frontal Andino y se localiza en las planchas topográficas 211 - Guateque, 192 - Laguna de Tota, 193 - Yopal) y 174 - Paz de Ariporo; es una falla regional inversa, con dirección promedio N25°E, plano de falla al oeste y un tramo de 90 km. Carrillo y Vergara (1981), mediante estudios de continuidad, calidad e indicios neotectónicos identificados, la clasifican como activa, con tasa de actividad intermedia (0,1 - 1,0 mm/año).

Esta falla en el área de la Plancha 193 - Yopal tiene una dirección promedio de N35°E y pone en contacto rocas de la Formación Lutitas de Macanal con rocas del Grupo Palmichal; siguiendo su trazo en dirección SW-NE, a la altura de la Vereda Chaguaza, en las quebradas Agua Blanca y Aguablanquita al NE del Municipio de Paya, pone en contacto rocas de la Formación Areniscas de Las Juntas y Lutitas de Macanal con la Formación Une (Figura 6).

Pasando por el curso de las quebradas Cuetama y Los Yopos se ha cartografiado una falla de cabalgamiento hasta las cercanías de las localidades de Campo Alegre y Chaguasa, con dirección N50°E, plano de falla al oeste y mantiene un aparente paralelismo con las fallas de Pajarito y Guaicáramo. Hacia el NE, el trazo de la falla es inferido por fotogeología, sobre las arenitas de la Formación Une en referencia al alineamiento del curso de las quebradas Los Grillos y Cómbita.

#### 4.2.1.3 Falla de Yopal

La Falla de Yopal inicia en los alrededores de El Yopal (ECOPETROL 1968, en SUÁREZ, 1985) y su trazo se prolonga por el piedemonte hasta la altura del Municipio de Tame, en el Departamento de Arauca. Carrillo y Vergara (1981) citan que la Falla de Yopal tiene dirección preferencial N20° - 35°E, con un plano de falla buzando hacia el noroeste, es inversa, con una longitud de más de 75 km y la clasifican como activa, con una Tasa de Actividad Intermedia (0,1 - 1,0 mm/año).

Al NW de la Plancha 194 - San Luis de Palenque, el trazo de la Falla de Yopal, está cubierto por depósitos del Cuaternario aluviales y abanico coluvio aluvial, en las localidades Plazuelas,

La Primavera y el curso del río Pauto; allí es apreciable el cambio topográfico brusco del piedemonte al oeste y llanura al este (Figura 6).

## 4.2.2 Pliegues

### 4.2.2.1 Sinclinal de Nunchía

Sobre el origen del Sinclinal de Nunchía, Dueñas, y Van Der Hammen (2007) citan que a finales del Mioceno Medio con cada pulso compresivo o choque de placas, se incrementa el levantamiento de la Cordillera Oriental y se crea un cinturón deformado estrecho y alargado (Cinturón Frontal de la Cordillera Oriental) que llega a convertirse en el Piedemonte Llanero; dentro de ese cinturón se forman los sinclinales de Zapatosa y Nunchía (localizados en las planchas 211, 212 y 193 - Yopal, 174, respectivamente).

En la Plancha 193 - Yopal, el Sinclinal de Nunchía tiene una extensión de 60 km y corresponde a una estructura asimétrica afectada en el flanco oeste por el Sistema de Fallas de Guaicáramo y en flanco este por la Falla de Yopal; en el núcleo aflora la Formación Diablo Superior y en los flancos las formaciones Diablo Inferior y San Fernando (Figura 6).

### 4.2.2.2 Sinclinal del Desespero

Al sur y norte del Municipio de Labranzagrande (Plancha 192 - Laguna de Tota) se encuentra una estructura regional simétrica de 90 km de largo, denominada Sinclinal del Desespero. Según Ulloa y Rodríguez (1981) el Sinclinal del Desespero es una estructura que pertenece al flanco colgante de la Falla de Chámeza, una de las fallas de mayor salto entre las fallas del sistema de Guaicáramo. Su eje tiene una dirección NE y el flanco occidental subvertical, se encuentra tumbado hacia el este (REZONI, 1985).

En la zona de este estudio, el Sinclinal del Desespero se localiza en la esquina NW de la Plancha 193 – Yopal con dirección aproximada de N30°E y aparente simetría; su núcleo lo constituyen rocas de la Formación San Fernando y en sus flancos las formaciones Areniscas de El Limbo, Arcillas de El Limbo, Grupo Palmichal, Chipaque, Une, Fómeque, Areniscas de Las Juntas y Lutitas de Macanal (Figura 6).

### 4.2.2.3 Anticlinal de Monterraló

En Ulloa y Rodríguez (1981), el Anticlinal de Monterraló se encuentra dentro de la región del Anticlinorio de los Farallones, del Cuadrángulo K-13 Tauramena, el cual ocupa el 40% del área de dicho Cuadrángulo. Linares et al. (2009) describen el Anticlinal de Monterraló como una estructura caracterizada por una gran amplitud y una suave simetría fallada, interpretado como “fault-bend folds”



y generado por una falla con rampa de  $23^{\circ}$ . Además interpretan la deformación temprana del Anticlinal de Monterralo como ocurrida dentro del Oligoceno.

En el área de trabajo, SW de la Plancha 193 - Yopal, el Anticlinal de Monterralo es asimétrico, con dirección  $N35^{\circ}-40^{\circ}E$ , cabeceo hacia NE, delimitado en sus flancos por el Sistema de Falla de Guaicáramo; en su núcleo está la Formación Fómeque y hacia sus flancos las formaciones Une, Chipaque, Grupo Palmichal, Arcillas de El Limbo, Areniscas de El Limbo y San Fernando. Su extensión en el área de estudio es de aproximadamente 15 km (Figura 6).

## 5. GEOQUÍMICA

Simultáneamente con la ejecución de la cartografía geológica regional a escala 1:100.000, se efectuó el muestreo de sedimentos finos activos de corriente en drenajes de orden 1, 2 y 3, para análisis geoquímico multi - elemento de elementos mayores, menores y trazas, que permitirán identificar posibles anomalías geoquímicas y serán la base de futuros estudios de investigación geoquímica y exploración de depósitos minerales. Este análisis lo llevará a cabo INGEOMINAS en una fase posterior en sus laboratorios.

El Anexo N° 2 contiene 11 mapas del muestreo geoquímico realizado en las planchas 193, 194, 212, 213, 214, 215, 231, 232, 233, 250 y 251. El Anexo N° 4 contiene los formatos con la información capturada en campo para muestreo de sedimentos finos. En el Anexo N° 5.1 está el registro fotográfico realizado en los sitios del muestreo geoquímico de sedimentos. El Anexo N° 7.1 contiene la relación de muestras de sedimentos colectados durante el Proyecto. En total en el proyecto se colectaron 727 muestras de sedimentos finos activos en las planchas 193, 194, 212, 213, 214, 215, 231, 232, 233, 250 y 251, que corresponden a un área aproximada de 15703.94 (Ver Tabla 3.).

### 5.1 CLIMA Y SISTEMAS DE DRENAJES

Se realizaron tres (3) comisiones de campo durante los meses de marzo, abril y mayo; en esta época se presenta el período de lluvias, en especial a finales de abril y comienzos de mayo, debido a que los vientos Alisios del sureste empiezan a ser dominantes, desplazando la ZCIT hacia el norte y la temperatura promedio para esta época del año es 26°C (IDEAM, 2010).

Aproximadamente, el 5% del área del proyecto corresponde a relieve de piedemonte y montaña dando origen a una red de drenajes tipo dendrítico que arrastran sedimentos de granulometría gruesa y fina hacia zonas de menor pendiente. El restante 95% del área corresponde a zona de llanura con dominancia de drenajes meándricos y de manera subordinada drenajes dendríticos, que acumulan sedimentos finos (arcillas, limos) y modelan el paisaje con un relieve casi horizontal.

**Tabla 3.** Areas de muestreo geoquímico por plancha topográfica a escala 1:100000.

PLANCHA TOPOGRÁFICA	MUESTRAS DE SEDIMENTO ACTIVO	AREA MUESTREO GEOQCA** (Km <sup>2</sup> )
231	14	357.15
250	10	131.40
251	30	700.2
233	31	1251.80
232	90	2388.04
214	82	2400
215	87	2400
193	131	1800
194	130	2400
212	119	1800
213	3	75
<b>TOTALES</b>	<b>727</b>	<b>15703.94</b>

\*\* Nota: El área de muestreo geoquímico se idealiza en 15.703,94 km<sup>2</sup>, puede ser un poco menor, por que quedaron áreas (cuadrículas) sin muestreo, bien sea por no existir drenaje o por no haber llegado hasta el sitio propuesto por problemas logísticos (clima, vías), orden público, inaccesibilidad u otro motivo (tiempo).

## 5.2 PRINCIPALES FUENTES DE CONTAMINACIÓN

Las principales actividades que se desarrollan en la zona y que pueden estar contaminando las fuentes de agua y los sedimentos son: agropecuarias, ganaderas, explotación de hidrocarburos y los vertimientos de aguas residuales de los cascos urbanos.

### 5.2.1 Actividades agropecuarias y ganadería

La ganadería está muy desarrollada en la región pero desafortunadamente no se tiene un control para los residuos orgánicos, los cuales son evacuados directamente en los caños y ríos que drenan en el sector. Las actividades agropecuarias, en especial los cultivos de arroz, contribuyen al deterioro ambiental por la utilización de grandes cantidades de agroquímicos como los fertilizantes y plaguicidas.

### 5.2.2 La explotación de hidrocarburos

La industria petrolera, es una actividad muy desarrollada en los Llanos Orientales, que puede estar contribuyendo a la contaminación de la red hidrográfica y los suelos, a pesar de sus estrictos controles ambientales, ya que en ocasiones se vierten hidrocarburos en los drenajes de manera accidental por escape o rompimiento de los oleoductos.

### 5.2.3 Los vertimientos de aguas residuales de los cascos urbanos

Los centros urbanos y veredales se asientan muy cerca de la red hidrográfica y sus actividades domésticas se constituyen en fuente de contaminación al llegar sus desechos sólidos y líquidos a los suelos, ríos y caños.

### 5.2.4 Otras fuentes de contaminación

Los Llanos Orientales, están abarrotados de vida silvestre, pues alberga mamíferos, aves, reptiles, que viven en el agua o muy cerca de ella. Este hábitat constituye fuente de contaminación por sus actividades alimenticias, excretoras y porque allí pueden fallecer.



**Figura 7.** Industria petrolera en los llanos de Casanare.

### 5.3 RECOLECCIÓN DE MUESTRAS DE SEDIMENTOS FINOS ACTIVOS

El muestreo de sedimentos finos activos se efectuó de acuerdo con los protocolos y estándares para la recolección de muestras y la toma de información en campo de INGEOMINAS (2003). Los sedimentos finos activos se colectaron en las márgenes de caños y afluentes de ríos, en áreas que no están sometidas a la acción de corriente continua (Figura 8).

Esta actividad se llevó a cabo en tres (3) comisiones de campo de veinte días cada una durante los meses marzo, abril y mayo. En total se colectaron 728 muestras de sedimentos finos activos (73 son muestras duplicadas) siendo consignada esta información en un formato único de captura de información en campo (Anexo N° 4).



**Figura 8.** Recolección de sedimentos finos activos.

## 6. CONCLUSIONES

La mayor parte de la zona del proyecto expone Sedimentos del Cuaternario de Terraza Aluvial (Qtp)

El sistema de fallas del borde llanero controla la dirección del sistema hidrográfico y modela el paisaje en esa misma zona.

En la fotogeología realizada del Plancha 193 - Yopal, se reconocen sinclinales amplios y anticlinales apretados con dirección del eje similar al sistema de fallas Guaicáramo y Yopal (N38°E).

De acuerdo con los registros sísmicos consultados, en la parte media a distal de la cuenca de antepaís, predomina un estilo estructural extensivo con presencia de fallas normales, de rumbo preferencial NE-SW, de alto ángulo, que emergen del basamento y afectan unidades del Paleozoico hasta el Cuaternario.

La estructura general de la Cuenca de los Llanos Orientales se interpreta como un monoclinal que se caracteriza por tener una margen móvil (zona oeste) y una margen estable (zona este); esta polaridad se refleja en la estratigrafía y sedimentación.

Las estructuras presentes en el área de trabajo (fallas, anticlinales, sinclinales) tienen una orientación preferencial NE-SW y N-S.

El muestreo de sedimentos finos es difícil en el periodo de lluvias, por que los ríos y caños se encuentran inundados dificultando el transito vial hacia los lugares propuestos. En el periodo seco, la red hidrográfica se encuentra seca, intermitente o en charcas aisladas, dificultando la obtención del sedimento activo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALCALDÍA MUNICIPAL DE MANÍ. 2006. Revisión y ajuste del esquema de ordenamiento territorial EOT. Secretaría de Planeación. Maní Casanare.
- ALVARADO, SONIA, et ál. 2009. Cartografía Geológica de la Zona Centro y Sur del Departamento del Meta planchas 217, 286, 287, 288, 289, 290, 307, 308 y 309 a escala 1:100.000. INGEOMINAS. Bogotá D.C.
- AUDEMARD, F. y ROBERTSON, K. 1996. Quaternary Tectonic Activity of the Llanos Foothills Thrust System, Eastern Cordillera of Colombia: Geomorphological and Geological Evidences from La Florida Anticline, Between the Upía and Cusiana Rivers, páginas 137 – 140. Bogotá, Colombia.
- BARRERO, A., et al. 2007. Colombian Sedimentary Basins: Nomenclature, Boundaries and Petroleum Geology, a New Proposal. ANH And B&M Exploration Ltda, página 92. Bogotá. Colombia.
- BURGL, H., 1957. Bioestratigrafía de la Sabana de Bogotá y sus alrededores. Boletín Geológico, Volumen 5, No. 2: p. 113-185. Instituto Geológico Nacional, Bogotá.
- BÜRGL -. 1960. El Jurásico e infracretáceo del río Batá, Boyacá. Serv. Geol. Nal., Bol. Geol., 6 (1-3). Bogotá.
- BURGL, H., 1961a. Sedimentación cíclica en el geosinclinal cretáceo de la Cordillera Oriental de Colombia. Serv. Geol. Nal. Bol. Geol., 7 (1-3):85-118. Bogotá.
- CAMBELL, C., 1962. A section through the Cordillera Oriental of Colombian between Bogotá and Villavicencio. Society of Petroleum Geologist and Geophysicist, 4th Annual Field conference. 29 p. Bogotá
- CARRILLO L. E. y VERGARA S. H., 1981. Neotectónica y Fallas Activas del Nororiente Colombiano. Resúmenes III Congreso Colombiano de Geología. Medellín.
- CAZIER, E., et al. 1995. Petroleum Geology of the Cusiana Field, Llanos Basin Foothills, Colombia. AAPG Bulletin, V. 79, No. 10, páginas 1444–1463.



- COOPER, M. A., et al. 1995. Basin development and tectonic history of the Llanos Basin, Eastern Cordillera, and Middle Magdalena Valley, Colombia, A.A.P.G. Bull., 79 (10), páginas 1421-1443.
- DUEÑAS J. H. Y VAN DER HAMMEN T. 2007. Significado Geológico y Asociaciones Palinológicas de las Formaciones Diablo Inferior (Mioceno Tardío) y San Fernando Superior (Mioceno Medio), Piedemonte Cuenca de los Llanos Orientales, Colombia Págs. 18.
- DUNHAM, I., 1962. Classification of Carbonate Rock According to Depositional Texture. Tulsa, Oklahoma.
- ETAYO, F. et al. 1983. Mapa de terrenos geológicos de Colombia. Ins. Nal. Inv. Geol - Min. Publ. Geol. Esp N°. 14, 235 p. Bogotá.
- FABRE, A., 1981. Geología de la Plancha 137 - El Cocuy (Departamento de Boyacá e Intendencia de Arauca). INGEOMINAS, Informe 1877, 278 p. Bogotá
- FONSECA, H., et al., 2007, Investigación Geológica e Hidrogeológica del Sector W del Departamento de Casanare, Acuerdo específico No. 015 de 2007 INGEOMINAS-UPTC. 129 p. Yopal. Casanare.
- FOLK, L., 1954. The Distinction Between Grain Size and Mineral Composition in Sedimentary Rock Nomenclature. The Journal of Geology. Chicago, Illinois
- FOLK, L., 1974. Petrology of Sedimentary Rock. Hemphill Publications Co., Austin Texas.
- GENERALIDADES DEL MUNICIPIO DE OROCUÉ. 2007. Esquema de Ordenamiento Territorial Municipio de Orocué. Gobernación de Casanare, Secretaría de Planeación. Yopal, Casanare.
- GÓMEZ, J., et ál. 2007. Mapa Geológico de Colombia INGEOMINAS, Bogotá D.C.
- GREGORY, K. 2007. Morfotectónica y Dataciones del Fallamiento Activo del Piedemonte Llanero, página 12. Bogotá, Colombia.
- GUERRERO, J. y SARMIENTO, G. 1996. Estratigrafía Física, Palinológica, Sedimentológica y secuencial del Cretácico Superior y Paleoceno del Piedemonte Llanero, Implicaciones en exploración petrolera. U. Nal., Geol. Col. (20).



- HUBACH, E. 1931a. Geología Petrolífera del Departamento del Norte de Santander. Serv. Geol. Nal., Informe 176. Bogotá.
- HUBACH, E. 1945. La Formación “Cáqueza”, Región del Cáqueza (Oriente de Cundinamarca). CEGOC. 6:23-26 p. INGEOMINAS. Bogotá.
- HUBACH, E -. 1957a. Estratigrafía de la Sabana de Bogotá y alrededores. Serv. Geol. Nal., Bol. Geol., 5 (2):93-112. Bogotá.
- HUBACH, E. 1957b. Contribución a las unidades estratigráficas de Colombia. Inst. Geol. Nal., Informe 1212, 48 p. Bogotá. IGAC. 1967. Atlas de Colombia. Bogotá.
- INGEOMINAS - GEOESTRATOS Ltda., 2005. Levantamiento de Información Estratigráfico, Geoquímico e Isotópico en Secciones Estratigráficas en el Sector Central de la Cordillera Oriental. Sección Chivor. pág. 52 Bogotá
- INGEOMINAS, 2003. Protocolo de muestreo para sedimentos finos activos. Bogotá.
- KRUMBEIN, W.C. and SLOSS, L. 1960. Stratigraphy and Sedimentation. Freeman & Co., San Francisco, USA.
- KRUMBEIN, W., SLOSS, L. 1963. Estratigrafía y Sedimentación; Segunda Edición traducida al español.
- LINARES, R. et al. 2009. New Insights Into The Piedemonte Licence Triangle Zone In The Llano Foothills-Colombia BP Exploration Colombia, pág 9, Bogotá, Colombia.
- LÓPEZ, E. 2004 Aspectos más Relevantes de la Geomorfología y Geología del Piedemonte Llanero de Colombia. INGEOMINAS. Bogotá.
- LOPEZ, C.R., et al. Neotectónica Aplicada a los Depósitos Cuaternarios del Piedemonte Llanero en los Alrededores de la Ciudad de Villavicencio., página 22. Bogotá.
- MARTINEZ, J. 2005. Structural Evolution of the Llanos Foothills, Eastern Cordillera, Colombia. BP Exploration, página 11. Colombia.
- MAYORGA, M. Y VARGAS, M., 1995. Caracterización geoquímica y facial de las rocas potencialmente generadoras de hidrocarburos en las formaciones del Cretácico y Terciario Inferior de la Cordillera Oriental. (Trabajo de Grado 372), Departamento de Geociencias, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional, Bogotá.

- McLAUGHLIN, D., Jr. y ARCE, M. 1971. Recursos Minerales de parte de los Departamentos de Cundinamarca, Boyacá y Meta. Boletín Geológico, Volumen 19, No. 1: 102 p. INGEOMINAS. Bogotá.
- MOORE, D. G. & SCRUTTON, P. C. 1957. Minor Internal Structure or some Unconsolidated Sediments, American Association of Petroleum Geologists.
- PACIFIC RUBIALES ENERGY. 2009. Modelo Estructural de los Llanos (Confidencial). Bogotá D.C.
- PETTIJOHN, F.J., POTTER, P.E. and SIEVER, R. 1973. Sand and Sandstones. Springer-Verlag, New York-Heidelberg-Berlín.
- PULIDO O. y GÓMEZ, L., 2001 Geología de la Plancha 266 - Villavicencio Escala 1:100.000 Memoria Explicativa. INGEOMINAS. 53 p Bogotá D.C.
- REINECK, H. E. and SINGH I. B., 1980. Depositional Sedimentary Environments, with Reference to Terrigenous Clastic, Springer-Verlag, Berlín.
- RENZONI, G. 1985. Interpretación fotogeológica de la Plancha 193 - Yopal. Escala 1: 100.000. Informe 1951. INGEOMINAS. Bogotá
- RENZONI, G. 1962. Apuntes acerca de la litología y tectónica de la zona al este y sureste de Bogotá. Serv. Geol. Nal., Bol. Geol., 10(1-3):59-79.
- RENZONI, G. 1991. Notas sobre la Fotogeología de la Plancha 193-Yopal. INGEOMINAS. Bogotá.
- RODRÍGUEZ, E. 2000. Caracterización de Unidades Geológicas y Geomorfológicas de Colombia, Formación Une Comisión Estratigráfica de INGEOMINAS. 70 p. Bogotá D.C.
- SÚAREZ M. C. 1985. Interpretación Fotogeológica de la Plancha 174 - Paz de Ariporo, INGEOMINAS, Informe No. 1964. Págs. 56, Bogotá.
- ULLOA, C. y RODRÍGUEZ, E. 1976. Mapa Geológico de la Plancha 211- Tauramena. Escala 1: 100.000. INGEOMINAS. Bogotá.
- ULLOA, C. y RODRÍGUEZ, E. 1976. Geología del Cuadrángulo K12- Guateque. INGEOMINAS. Informe 1701. Bogotá.
- ULLOA, C. y RODRÍGUEZ, E. 1979. Guía geológica de las Planchas 170 - Vélez y 190 - Chiquinquirá. INGEOMINAS. Informe 1794. Bogotá.

ULLOA, C. y RODRÍGUEZ, E. 1981. Geología del Cuadrángulo K13-Tauramena. INGEOMINAS. Bol Geol. 24(2). Bogotá.

ULLOA M. et al. 2001. Caracterización de Unidades Geológicas y Geomorfológicas de Colombia, Formación Fómeque Comisión Estratigráfica de INGEOMINAS. Bogotá D.C.

VAN DER HAMMEN, T. 1957. Estratigrafía Palinológica de la Sabana de Bogotá b (Cordillera Oriental de Colombia). INGEOMINAS. Bol. Geol., 5(2): 189-203. Bogotá.

VAN DER HAMMEN, T.1958. Estratigrafía del Terciario y Maastrichtiano Continentales y Tectogénesis de los Andes Colombianos. Serv. Geol. Nal., Bol. Geol., 6(1-3):67-128. Bogotá.

VAN DER HAMMEN, T. 1960. Estratigrafía del Terciario y Maastrichtiano continentales y tectogénesis de los Andes Colombianos. Bol. Geol. Vol. VI INGEOMINAS. Bogotá.

Van der Hammen (1968)

VERGARA, L. y RODRÍGUEZ, A. 1997. The Upper Cretaceous and Lower Paleocene of the Eastern Bogotá Plateau and Llanos Thrustbelt, Colombia: Alternative Appraisal to the Nomenclature and Sequence Stratigraphy. U. Nal., Geol. Col.

### Internet

Aspectos culturales, geográficos y administrativos de los municipios del área de estudio (Consultado en [www.mani-casanare.gov.co](http://www.mani-casanare.gov.co), [www.nunchia-casanare.gov.co](http://www.nunchia-casanare.gov.co), [orocue-casanare.gov.co](http://orocue-casanare.gov.co), [sanluisdepalenque-casanare.gov.co](http://sanluisdepalenque-casanare.gov.co), [santarosalia-vichada.gov.co](http://santarosalia-vichada.gov.co) [www.trinidad-casanare.gov.co](http://www.trinidad-casanare.gov.co))

Clima en los llanos orientales de Colombia (Consultado en <http://www.ideam.gov.co>.)

Localización del área de estudio (Consultado en <http://www.earth.google.es>)

Mapa Geológico de Colombia (Consultado en <http://www.ingegominas.gov.co>)



## ANEXO 1.

### MAPAS GEOLÓGICOS

Mapa Geológico Plancha 193  
Mapa Geológico Plancha 194  
Mapa Geológico Plancha 212  
Mapa Geológico Plancha 213  
Mapa Geológico Plancha 214  
Mapa Geológico Plancha 215  
Mapa Geológico Plancha 231  
Mapa Geológico Plancha 232  
Mapa Geológico Plancha 233  
Mapa Geológico Plancha 250  
Mapa Geológico Plancha 251



## **ANEXO 2.**

### **MAPAS MUESTREO GEOQUÍMICO DE SEDIMENTOS FINOS ACTIVOS**

Mapa Muestreo Geoquímico Plancha 193  
Mapa Muestreo Geoquímico Plancha 194  
Mapa Muestreo Geoquímico Plancha 212  
Mapa Muestreo Geoquímico Plancha 213  
Mapa Muestreo Geoquímico Plancha 214  
Mapa Muestreo Geoquímico Plancha 215  
Mapa Muestreo Geoquímico Plancha 231  
Mapa Muestreo Geoquímico Plancha 232  
Mapa Muestreo Geoquímico Plancha 233  
Mapa Muestreo Geoquímico Plancha 250  
Mapa Muestreo Geoquímico Plancha 251



## **ANEXO 3.**

### **COLUMNA ESTRATIGRÁFICA ESCALA 1:1000**



## ANEXO 4.

# FORMATOS CAPTURA DE INFORMACIÓN EN CAMPO PARA MUESTREO DE SEDIMENTOS FINOS ACTIVOS (ORIGINAL DE CAMPO)

**Nota:** Este anexo se encuentra en medio digital (formato PDF) en el aplicativo SICAT.



## ANEXO 5.

### FOTOGRAFICO

Fotografías Muestreo Geoquímico de Sedimentos Finos Activos  
Fotografías Cartografía Geológica  
Fotografías Columna Estratigráfica

**Nota:** Este anexo se encuentra en medio digital (formato PDF) en el aplicativo SICAT.



## ANEXO 6.

### FORMATOS ESTACIONES DE CAMPO CARTOGRAFIA GEOLÓGICA (ORIGINAL DE CAMPO)

**Nota:** Este anexo se encuentra en medio digital (formato PDF) en el aplicativo SICAT.



## **ANEXO 7.**

### **RELACIÓN MUESTRAS**

Relación Muestras de Sedimentos Finos  
Relación Muestras de Cartografía Geológica  
Relación Muestras de Columna Estratigráfica



**ANEXO 8.**  
**POLIGONAL ESCALA 1:1000**



## ANEXO 9.

# RECOPIACIÓN BIBLIOGRÁFICA