

**Caracterización geológica y geomorfológica de la cuenca del río calenturitas por medio de imágenes satelitales y procesos SIG.**

**Humberto León Amaya**

**Trabajo de grado para optar por el título de Geólogo**

**Director:**

**Juan David Badillo Requena**

**Geólogo, Profesor UIS**

**Codirector:**

**Henry Alejandro Mayorga**

**Geólogo**

**Universidad Industrial de Santander**  
**Facultad de Ingenierías Físico-Químicas**  
**Escuela de Geología**

**Bucaramanga**

**2017**

### **Dedicatoria**

A mi mamá Carmen Cecilia, a mi hermano Wilson Fernando, a toda mi familia y en especial a esas personas que ya no están con nosotros (Tío Jesús y nona Carmen Rosa) por el apoyo incondicional. Mil gracias

Gracias a todos por su apoyo.

### Agradecimientos

A la empresa Construsuelos de Colombia S.A.S. por su constante apoyo, abrir las puertas a la vida laboral, y su constante enseñanza, gracias a los ingenieros Miguel Angel Camargo y Miguel Silva, a todos los amigos y compañeros de trabajo tanto de oficina, laboratorio y campo.

Gracias a mi director Juan David Badillo por los consejos y el apoyo incondicional.

Gracias a mi codirector Henry Alejandro Mayorga por estar siempre pendiente de mis avances y de los buenos consejos.

Gracias a todos mis amigos (Jorge, Henry, Fernando, Gina, Lady, Leonardo Villamizar, Leonardo Palmera, Lady, Andrea, Juan Darío, Diego Cruz, Diego Martínez, Judy, Manuel, Paola, Pamela. Los gestores de la idea de mi proyecto Rakel, Nidia y Gerardo), aquellos de una u otra manera me apoyaron para poder terminar este proceso.

Gracias a los profesores de la escuela de Geología y también a la parte administrativa por toda su colaboración.

Gracias al grupo de escaladores por las enseñanzas de vida y fuerza ante la vida, a luchar por lo que queremos.

Son muchas las personas a las que tengo que agradecer por todo el conocimiento, consejos y apoyo recibido, pero tengo que resaltar que este último año ella ha estado muy pendiente de este proceso y siempre alentándome a seguir adelante, muchas gracias.

## Contenido

	<b>Pág.</b>
Introducción .....	21
1. Objetivos .....	23
1.1. Objetivo general.....	23
1.2. Objetivos Específicos.....	23
2. Metodología .....	24
3. Generalidades de la cuenca del río calenturitas .....	25
4. Marco Geológico Regional .....	28
5. Litoestratigrafía.....	35
5.1. Salida cartográfica de unidades geológicas escala 1:100.000 .....	36
5.2. Salida cartográfica de unidades geológicas escala 1:25.000 .....	38
5.3. Rocas Metamórficas.....	41
5.3.1. Unidad Metasedimentaria de La Virgen (PZmv).....	42
5.3.1.1. <i>Distribución geográfica.</i> .....	42
5.3.1.2. <i>Litología.</i> .....	42
5.3.1.3. <i>Contactos.</i> .....	44
5.3.1.4. <i>Origen, edad y correlaciones.</i> .....	44
5.4. Rocas Sedimentarias .....	45
5.4.1. Formación La Quinta (T3Jq). .....	45

5.4.1.1. <i>Distribución geográfica</i> .....	46
5.4.1.2. <i>Litología</i> .....	46
5.4.1.3. <i>Contactos</i> .....	48
5.4.1.4. <i>Origen, edad y correlaciones</i> .....	48
4.2. Formación Rio Negro (K1r).....	49
5.4.2.1. <i>Distribución geográfica</i> .....	49
5.4.2.2. <i>Litología</i> .....	50
5.4.2.3. <i>Contactos</i> .....	51
5.4.2.4. <i>Origen, edad y correlaciones</i> .....	51
5.4.3. Grupo Cogollo (K1K2cg).....	52
5.4.3.1. <i>Distribución geográfica</i> .....	52
5.4.3.2. <i>Litología</i> .....	52
5.4.3.3. <i>Contactos</i> .....	54
5.4.3.4. <i>Origen, edad y correlaciones</i> .....	54
5.4.4. Formación La Luna (K2l).....	56
5.4.4.1. <i>Distribución geográfica</i> .....	56
5.4.4.2. <i>Litología</i> .....	56
5.4.4.3. <i>Contactos</i> .....	59
5.4.4.4. <i>Origen, edad y correlaciones</i> .....	59
5.4.5. Formación Barco (E1b).....	60
5.4.5.1. <i>Distribución geográfica</i> .....	60
5.4.5.2. <i>Litología</i> .....	60
5.4.5.3. <i>Contactos</i> .....	61

5.4.5.4 Origen, edad y correlaciones.....	61
5.4.6. Formación Cuervos (E1c).....	61
5.4.6.1. Distribución geográfica.....	61
5.4.6.2. Litología.....	62
5.4.6.3. Contactos.....	64
5.4.6.4. Origen, edad y correlaciones.....	64
6.4.7. Formación Cuesta (N1N2c).....	66
6.4.7.1. Distribución geográfica.....	67
6.4.7.2. Litología.....	67
6.4.7.3. Contactos.....	68
6.4.7.4. Origen, edad y correlaciones.....	68
6.4.8. Depósitos Cuaternarios.....	68
6.4.8.1. Depósitos Coluviales (Qco).....	68
6.4.8.2. Depósitos de Terraza (Qt).....	69
5.4.8.3. Depósitos de abanicos aluviales (Qab).....	70
5.4.8.4. Depósitos de llanura aluvial (Qall).....	71
5.4.8.5. Depósitos y Rellenos Antrópicos (Qra).....	72
6. Geología Estructural.....	73
6.1. Fallas.....	74
6.1.1. Falla de Perijá.....	74
6.1.2. Fallas El Tigre y Arenas Blancas.....	75
6.1.3. Falla Río Maracas.....	76
6.1.4. Falla Yoba.....	77

6.1.5. Falla San Genaro.....	77
6.1.6. Falla Sokorpa.....	78
6.1.7. Falla Hondina.....	78
6.1.8. Falla Canime.....	78
6.1.9. Falla Nueva Granada.....	78
6.1.10. Fallas Los Corazones.....	79
6.2. Pliegues.....	79
6.2.1. Sinclinal La Loma y Anticlinal de Tucuy.....	80
6.2.2. Sinclinal Los Venados, Anticlinal de La Estancia, Anticlinal de Becerril.....	80
6.2.3. Sinclinal Buenavista, Anticlinal Paraíso.....	80
6.2.4. Sinclinal de La Jagua.....	81
6.2.5. Anticlinal de La Jagua.....	81
6.2.6. Sinclinal Ojinegro.....	82
6.2.7. Sinclinal y Anticlinal Marimonda.....	82
7. Geomorfología.....	83
7.1. Metodología.....	84
7.2. Geomorfología de la cuenca río calenturitas (SGC-metodología Carvajal-2011).....	87
7.3. Geomorfología de la cuenca río calenturitas (IGAC- metodología Zinck, 2012).....	111
8. Evolución Geológica.....	118
9. Unidades Geológicas Superficiales (UGS).....	126
9.1. Factores considerados para caracterizar las unidades de roca.....	127
9.1.1. Litología.....	128
9.1.2. Grado de Meteorización.....	128

9.1.3. Discontinuidades.....	129
9.2. Factores considerados para caracterizar las unidades de suelo.....	131
9.3. Descripción de las unidades geológicas superficiales .....	132
9.3.1. Suelos transportados. ....	136
9.3.1.1. Suelo transportado, antrópico de excavación minera ( <i>Staem</i> ).....	137
9.3.1.2. Suelo transportado, antrópico de cortes y rellenos urbanos ( <i>Staru</i> ).....	137
9.3.1.3. Suelo transportado, aluvial ( <i>Stalga</i> ).....	138
9.3.1.4. Suelo transportado, fluvial de abanico ( <i>Stfabga</i> ).....	138
9.3.1.5. Suelo Transportado, fluvial de terraza ( <i>Stftzga</i> ).....	139
9.3.1.6. Suelo Transportado, llanura aluvial ( <i>Stllaag</i> ).....	139
9.3.1.7. Suelo Translocado, coluvial indiferenciado ( <i>Strci</i> ).....	140
9.3.2. Suelos residuales.....	141
9.3.2.1. Suelo Residual, arcillolitas y limolitas de la Formación la Luna ( <i>Srarll</i> ).....	141
9.3.2.2. Suelo Residual, arenisca y limolitas de la Formación Cuesta ( <i>Sralc</i> ).....	142
9.3.2.3. Suelo Residual, arenisca y limolitas de la Formación Cuervos ( <i>Srarcv</i> ).....	142
9.3.2.4. Suelo Residual, arcillolitas y limolitas de la Formación Molino ( <i>Srarm</i> ).....	143
9.3.2.5. Suelo Residual, intercalación de calizas y arcillolitas calcáreas del grupo Cogollo ( <i>Srcarcg</i> ).....	144
9.3.3. Unidades de roca.....	145
9.3.3.1. Roca muy Blanda, calizas y arcillolitas calcáreas del Grupo Cogollo ( <i>Rmbarcg</i> )..	145
9.3.3.2. Roca muy Blanda arcillolitas y limolitas de la Formación Los Cuervos ( <i>Rmbarcv</i> )..	146
9.3.3.3. Roca muy Blanda, arcillolitas y limolitas de la Formación la Luna ( <i>Rmbarll</i> ).....	146

9.3.3.4. *Roca blanda, intercalación de areniscas y limolitas de la Formación Ríonegro*  
*(Rbalr)*..... 146

9.3.3.5. *Roca blanda, intercalación de calizas y arcillolitas calcáreas del Grupo Cogollo*  
*(Rbcarcg)*. .... 147

9.3.3.6. *Roca Intermedia, areniscas de La Quinta (Riaq)*. .... 147

9.3.3.7. *Roca Intermedia, metasedimentaria de la Formación la Virgen (Rimsv)*. .... 148

10. Conclusiones ..... 149

Referencias Bibliográficas ..... 154

**Lista de Figuras**

	<b>Pág.</b>
<i>Figura 1.</i> Cuenca del Río Calenturitas y sus tributarios.....	26
<i>Figura 2.</i> Localización y vías de acceso de la Cuenca del Río Calenturitas. ....	27
<i>Figura 3.</i> Territorio Colombiano en sector noroccidental de Suramérica. ....	28
<i>Figura 4.</i> Localización Tectónica de Colombia. ....	29
<i>Figura 5.</i> Aspectos fisiográficos del territorio colombiano. 1. Llanos Orientales, 2. Región andina, 3. Región Caribe.....	31
<i>Figura 6.</i> Marco Neotectónico del Noroccidente Suramericano. ....	33
<i>Figura 7.</i> Esquema de Planchas Geológicas escala 1:100000 que comprenden la Cuenca del Río Calenturitas.....	36

<i>Figura 8.</i> Salida cartográfica de Unidades Geológicas de la Cuenca del Río Calenturitas a escala 1:100.000.....	37
<i>Figura 9.</i> Planchas Cartográficas, IGAC, escala 1:25.000. ....	39
<i>Figura 10.</i> Esquema de interpretación de Imágenes Satelitales, (Fotogeología). ....	40
<i>Figura 11.</i> Salida cartográfica de Unidades Geológicas de la Cuenca del Río Calenturitas a escala 1:25.000.....	41
<i>Figura 12.</i> Intercalaciones de Metalodolitas con Metaareniscas de grano muy fino. Unidad Metasedimentaria de La Virgen (PZmv). Vereda Nueva Granada. Estación CC02, 1 553 219m.N y 1 099 717m.E.....	43
<i>Figura 13.</i> Metaareniscas de la Unidad Metasedimentaria de la Virgen (Pzmv). Vereda Las Delicias. Estación CC-R22, 1 548 191m.N y 1 093 473m.E.....	44
<i>Figura 14.</i> A) Areniscas de grano fino altamente fracturado B) Se observa estrías de fallas. Formación la Quinta (T3Jq). Vereda Las Delicias. Estación CC-R22b, 1 548 846m.N y 1 093 037m.E.....	47
<i>Figura 15.</i> Intercalaciones de arenisca de grano fino, Limolitas y Lutitas donde se observa microplegamienton. Formación Rio Negro (K1r). Vereda El Progreso. Estación CC12, 1 558 313m.N y 1 104 610m.E.....	51
<i>Figura 16.</i> Roca Sedimentaria Caliza del Grupo Cogollo. Vereda Alto de las Flores. Estación CC03, 1 553 219m.N y 1 099 717m.E.....	53
<i>Figura 17.</i> Intercalaciones de lodolita calcárea con arenisca calcárea de grano. Grupo Cogollo (K1K2cg). Vereda Canadá Estación CC-R20B, 1 556 825m.N. y 1 098 503m.E.....	54

*Figura 18.* Intercalaciones de areniscas calcáreas y lodolitas calcáreas con presencia de Concreciones. Formación la Luna (K2l). Vereda Canadá. Estación CC04, 1 556 827m.N y 1 096 901m.E..... 58

*Figura 19.* Intercalaciones de areniscas calcáreas y lodolitas calcáreas con presencia de nódulos. Formación la Luna (K2l). Vereda Alto de las Flores. Estación CC04, 1 553 577m.N y 1 095 535m.E..... 59

*Figura 20.* Intercalaciones de arenisca de grano fino, lodolitas y lodolitas carbonosas. Formación Cuervos (E1c). Vereda Alto de las Flores. Estación CC08, 1 553 042m.N y 1 090 657m.E..... 62

*Figura 21.* Intercalaciones de Arcillolitas y limolitas de la Formación Cuervos (E1c), en la parte superior se observa un relleno por actividad minera (Qra). Vereda Estados Unidos. Estación CC11, 1 554 545m.N y 1 089996m.E..... 63

*Figura 22.* Deposito Coluvial (Qco) inactivo, con presencia de pisadas de vacas según Zinck (1988). Vereda Alto de las Flores. Estación CCJR-APQ17, 1 550 596m.N y 1 093 704m.E..... 69

*Figura 23.* Depósito de Terraza (Qt). Vereda Alto de las Flores. Estación CC06, 1 552 838m.N y 1 903 258m.E..... 70

*Figura 24.* Llanura aluvial (Qall). Vereda La loma. Estación CC16, 1 553 458m.N y 1 047 452 m.E..... 72

*Figura 25.* Zona de Relleno por acción de la Minería (Qra). Vereda Alto de las Flores. Estación CC08, 1 553 042m.N y 1 090 657m.E..... 73

*Figura 26.* Vita panorámica de la Falla de Perijá, Falla Rio Maracas, Falla el Tigre, y la Falla Arenas Blancas. 1 553 890m.N y 1 088 427m.E..... 77

<i>Figura 27.</i> Vista panorámica del Sinclinal y el Anticlinal de la Jagua. 1 549 144m.N y 1 093 113m.E.....	82
<i>Figura 28.</i> Mapa de Geología Estructural de la Cuenca del Río Calenturitas.....	83
<i>Figura 29.</i> Esquema metodológico para la obtención de unidades y subunidades del terreno 1:25.000. ....	86
<i>Figura 30.</i> Esquema de jerarquización geomorfológica.....	88
<i>Figura 31.</i> Mapa geomorfoestructural de Colombia, el área de color rojo es la delimitación de la Cuenca del Río Calenturitas. ....	89
<i>Figura 32.</i> Mapa de provincias geomorfológicas de Colombia, el área de color rojo es la delimitación de la Cuenca del Río Calenturitas.....	90
<i>Figura 33.</i> Vista SW de la Cuenca del Río Calenturitas, en donde se aprecian los ambientes morfogenéticos predominantes de origen: fluvial, denudacional, estructural, y antropogénico.....	91
<i>Figura 34.</i> Mapa de procesos morfodinámicos de la Cuenca del Río Calenturitas.....	93
<i>Figura 35.</i> Vista hacia el noreste de la Cuenca del Río Calenturitas, en donde se aprecian cuestras o laderas estructurales suavemente inclinadas y laderas de contrapendiente asociadas a escarpe de falla (Vista 3D, de imágenes satelitales en ArcScene 10.3.1).....	96
<i>Figura 36.</i> Vista al Este de la Cuenca del Río Calenturitas, en donde se observan facetas triangulares (Landforms, procesamiento software SAGA Gis).....	97
<i>Figura 37.</i> Vista al Noreste de la Cuenca del Río Calenturitas, en donde se observan cerros aislados (Sca) por fallas de rumbo e inversas, y silletas de falla (Ssf), (Vista en planta, del modelo de pendientes, en ArcMap 10.3.1). ....	98

*Figura 38.* Vista al noroeste de la Cuenca del Río Calenturitas, en la que se aprecia un depósito coluvial (Dco), al pie de un escarpe de erosión menor (Deeme), en limolitas de la Formación La Quinta. .... 100

*Figura 39.* Vista al sureste de la Cuenca del Río Calenturitas en la que se aprecian crestas subhorizontales (Dcs) e inclinadas (Dci), y laderas disectadas de rampa frontal (Dldrf), en rocas de la Formación La Virgen (PZmv), (Landforms, procesamiento software SAGA GIS)..... 101

*Figura 40.* Vista hacia el norte de la Cuenca del Río Calenturitas, en la que se aprecia cimas amplias suavemente inclinadas (Dcas), laderas suaves (Dls), laderas moderadas a escarpadas (Dlme), laderas moderadas irregulares (Dlmi), y cuestras (Dcle), (Vista en planta, del modelo de pendientes, en ArcMap 10.3.1)..... 102

*Figura 41.* Vista al NE de la Cuenca del Río Calenturitas, en la que se aprecia un ladera con movimiento en masa (Dlmm), con una pequeña corona de movimiento en masa (Dcmm), (Vista 3D, de imágenes satelitales en ArcScene 10.3.1)..... 104

*Figura 42.* Vista al noroeste de la Cuenca del Río Calenturitas, en la que se aprecian lomos aislados (Dla), cerca de la localidad de Tucuy, montículos remanentes (Dmred), cerca de la localidad de Becerril, las peneplanicies (Dpam) de la Formación Cuesta (N1N2c), todas estas geoformas bordeadas por depósitos aluviales de llanura y aluviales recientes, (Vista en planta, del modelo de pendientes, en ArcMap 10.3.1)..... 105

*Figura 43* Vista al norte de la Cuenca del Río Calenturitas en la que se aprecia el casco urbano de La Victoria de San Isidro, el cual está sobre un depósito de abanico aluvial (Faa), también se reconoce la planicie de inundación (Fpi) del río Tucuy, y llanura aluvial (Fall) que ha sido modelada por los tributarios del Río Calenturitas. .... 108

*Figura 44.* Vista al noreste de la Cuenca del Río Calenturitas, en donde se parecían las geoformas de origen denudacional hacia la parte superior, y las geoformas de origen antrópico hacia la parte de piedemonte, dentro de las que están las zonas mineras administrativas (Azma), las zonas mineras de explotación y rellenos (Azme), y el casco urbano de La Victoria de San Isidro sobre depósitos de abanico aluvial (Azuaa), (Vista 3D, de imágenes satelitales en ArcScene 10.3.1) ..... 110

*Figura 45.* Mapa de unidades geomorfológicas de la Cuenca del Río Calenturitas (SGC). ..... 111

*Figura 46.* Mapa de unidades geomorfológicas de la Cuenca del Río Calenturitas (IGAC). .... 118

*Figura 47.* Evolución Histórica de la Cuenca Cesar-Ranchería. .... 120

*Figura 48.* Ubicación de cortes en salida cartográfica de Unidades Geología escala 1:100000. .... 124

*Figura 49.* Cortes geológicos de la Cuenca del Río Calenturitas. .... 125

*Figura 50.* Unidades Geológicas Superficiales de la Cuenca del Río Calenturitas..... 135

*Figura 51.* Zona de relleno por excavación minera (Staem), Vereda El Hatillo. Estación CC19, 1557353 m.N y 1054883 m.E..... 137

*Figura 52.* Suelo aluvial (Stalga), y llanura aluvial (Stllaag), Vereda La Victoria. Estación CC07, 1552513 m.N y 1092961 m.E..... 138

*Figura 53.* Terraza aluvial, Vereda Las Minas. Estación CC10, 1563927m.N y 1087387m.E..... 139

*Figura 54.* Llanura aluvial, Vereda La Loma. Estación CC17, 1556980 m.N y 1048501 m.E..... 140

*Figura 55.* Suelo translocado coluvial, Vereda La Loma. Estación CC17, 1556980m.N y 1048501m.E..... 141

*Figura 56.* Suelo residual de la Formación Luna, Vereda Manantial Bajo. Estación CCAP-APQ05, 1557898m.N. y 1093471m.E..... 142

*Figura 57.* Suelo residual de la Formación Cuervos. Estación CC13, N: 1558743m.N. y 1086628m.E..... 143

*Figura 58.* Suelo residual de la Formación Molino, Vereda Buenavista. Estación CCJR-APQ32, N: 1556983m.N. y 1082280m.E..... 144

*Figura 59.* Suelo residual (Srcarcg) y Roca muy blanda (Rmbcarcg) del Grupo Cogollo, Vereda Sororia. Estación CCJR-APQ3, N: 1545761m.N. y 1087385m.E..... 145

*Figura 60.* Roca blanda de la Formación Ríonegro. Vereda El Progreso. Estación CC12, 1 558 313m.N y 1 104 610m.E..... 147

*Figura 61.* Roca intermedia de la Formación la Quinta (Riaq). Vereda Las Delicias. Estación CC-R22b, 1 548 846m.N y 1 093 037m.E..... 148

**Lista de Tablas**

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Clasificación de unidades geomorfológicas según su origen. ....	93
Tabla 2. Paisajes geomorfológicos de la Cuenca del Río Calenturitas.....	112
Tabla 3. Ambientes morfogenéticos de la Cuenca del Río Calenturitas.....	113
Tabla 4. Tipos de relieve o modelado de la Cuenca del Río Calenturitas. ....	113
Tabla 5. Tipo de litologías o facies de la Cuenca del Río Calenturitas. ....	114

Tabla 6. Formas del terreno Cuenca del Río Calenturitas. ....	115
Tabla 7. Unidades geomorfológicas de la Cuenca del Río Calenturitas (Zinck 2012).....	115
Tabla 8. Unidades Geológicas Superficiales (UGS) según su origen.....	126
Tabla 9. Comparación de Perfiles de Meteorización de un Macizo Rocoso. ....	129
Tabla 10. Clasificación Geomecánica de Macizos Rocosos.....	130
Tabla 11. Correlación de los parámetros de calificación de las discontinuidades, para clasificar la calidad de los macizos rocosos.....	131
Tabla 12. Clasificación genética de las unidades de suelo. ....	132
Tabla 13. Unidades Geológicas Superficiales (UGS) aflorantes en la Cuenca Calenturitas. ....	133
Tabla 14. Puntos de caracterización de las Unidades Geológicas Superficiales. ....	135

## Resumen

**Título:** Caracterización geológica y geomorfológica de la cuenca del río calenturitas por medio de imágenes satelitales y procesos SIG\*

**Autor:** Humberto León Amaya\*\*

**Palabras Claves:** Geología, Geomorfología, Río Calenturitas.

### Descripción:

Este documento es el resultado de un trabajo de grado “modalidad práctica empresarial”, estudiando el área de la cuenca del Río Calenturitas, en el departamento del Cesar, donde se caracterizó la geología, geomorfología y unidades geológicas superficiales (UGS), por medio de recopilación, análisis e interpretación de la información existente (planchas geológicas, imágenes satelitales, memorias explicativas y el modelo digital de elevaciones).

El fin del proyecto consiste en una actualización de manera general de la geología, geomorfología y unidades geológicas superficiales (UGS), mejorando la información existente (escala 1:100000), realizando salidas cartográficas y mapas de mayor detalle (escala 1:25000), por medio de procesos SIG (ArcGis y SAGA) junto a imágenes satelitales. Unificando además los estándares cartográficos, mejorando contactos geológicos, trazos de fallas y pliegues y generando nueva información. Verificando todo el proceso con una revisión de campo.

Como resultado final se generaron salidas cartográficas a escalas 1:100000 y 1:25000 con nomenclatura actualizada, donde se determinó que la cuenca del Río Calenturitas corresponde principalmente a rocas de origen sedimentario, de edades entre el Triásico superior a Plioceno. Alrededor del 50% del área se encuentra cubierta por depósitos cuaternarios recientes (Holoceno). Presenta cuatro ambientes morfogenéticos predominantes (SGC-metodología Carvajal-2011). Los diferentes procesos tectónicos a los cuales ha estado sometida la cuenca ha modelado un paisaje de altas montañas, de lomeríos, un piedemonte, valles pronunciados, peneplanicies y extensas planicies aluviales (IGAC-Metodología Zinck, 2012). Además presenta suelos transportados, suelos residuales, roca muy blanda, roca blanda y roca intermedia en las unidades geológicas superficiales (UGS).

---

\*Trabajo de grado

\*\* Facultad de Ingenierías Físico-Químicas. Escuela de Geología. Director Darío Yesid Peña Ballesteros PhD. En corrosión

## Abstract

**Title:** Geological and geomorphological characterization of the calenturitas river basin through satellite images and GIS processes\*

**Author:** Humberto León Amaya\*\*

**KEYWORD:** Geology, Geomorphology, Calenturitas River.

### DESCRIPTION:

This document is the result of a work of degree “internship modality”, studying the area of the Calenturitas River basin, in the department of Cesar. Thus geology, geomorphology and Surface Geological Units (SGU) were characterized by compiling, analyzing and interpreting existing information (geological plates, satellite images, explanatory memories and the digital elevation model).

The main objective of the project was an actualization of geology, geomorphology and Surface Geological Units (SGU), improving existing information (scale 1: 100000), making cartographic outputs and maps of greater detail (scale 1: 25000), through of GIS processes (ArcGis and SAGA) and satellite images. Thus, it could unify the cartographic standards; improve geological contacts, traces of faults and folds; and generate new information. Finally, it verified the entire process with a field review.

As a final result, cartographic outputs were made at 1: 100000 and 1: 25000 scales with updated nomenclature, where it was determined that the basin of the Calenturitas River corresponds mainly to rocks of sedimentary origin, of ages between the Upper Triassic to Pliocene. About 50% of the area is covered by recent quaternary deposits (Holocene). It presents four predominant morphogenetic environments (SGC-methodology Carvajal-2011). The different tectonic processes to which the basin has been subjected have shaped a landscape of high mountains, ridges, piedmont, steep valleys, peneplains and extensive alluvial plains (IGAC-Zinck Methodology, 2012). It also presents transported soils, residual soils, soft rock and intermediate rock in Surface Geological Units (SGU).

---

\*Degree work

\*\*Faculty of Physical-Chemical Engineering. School of Geology. Director Dario Yesid Peña Ballesteros PhD. In corrosion

## Introducción

La Cuenca del Río Calenturitas, cuenta con una extensión de 131058,28 hectáreas, y está circunscrita en los municipios de El Paso, La Jagua de Ibirico, y Becerril. Geológicamente está formada por rocas que comprenden edades desde el Paleozoico hasta el reciente, y se encuentra ubicada en la zona de planicie del Cesar y en las estribaciones de la Serranía del Perijá, en donde afloran las rocas más antiguas como la Unidad Metasedimentaria de La Virgen de edad Paleozoica y la Formación La Quinta del Triásico – Jurásico; el Cretácico es el periodo más relevante dentro de la Cuenca, ya que está representado por la Formación Río Negro, la Formación La Luna, y el Grupo Cogollo, a su vez el Cenozoico está representado por la Formación Cuervos, la Formación Cuesta, y los depósitos Cuaternarios dentro de los cuales se encuentran: Terrazas Aluviales, Abanicos Aluviales, Depósitos Aluviales Recientes, Depósitos de Planicie Aluvial y Rellenos Antrópicos. Estructuralmente la Cuenca del Río Calenturitas se caracteriza por tener un estilo predominantemente compresivo, lo cual dio origen principalmente a pliegues y fallas dentro de los que se destacan el Anticlinal y el Sinclinal de Becerril, Sinclinal Marimonda, Sinclinal La Jagua, Sinclinal de La Loma, Sinclinal Los Venados, Sinclinal Ojinegro y Anticlinal de La Estancia, Anticlinal Paraíso, Las fallas Arenas Blancas, Perijá, Río Maracas, Nueva Granada, Los Corazones, Canime, Hondina, Yoba, El Tigre, Sokorpa y San Genaro.

El propósito de la cartografía geomorfológica es proporcionar información concisa y sistemática sobre las formas del terreno; su origen, los procesos naturales que han ocurrido y los

fenómenos naturales activos. En ese sentido los mapas geomorfológicos deben ser herramientas útiles, que permitan evaluar el comportamiento de los terrenos, inventariar los movimientos en masa y sus aplicaciones en la evaluación de amenazas naturales, elaboración de Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas, considerar el desarrollo de obras de infraestructura, y establecer zonificaciones geomecánicas, entre otras. La ciencia geomorfológica involucra y relaciona al paisaje con los procesos que le dieron origen y sus condiciones ambientales. Por lo tanto, para lograr una descripción y caracterización adecuada es necesario representarla y transmitirla en forma gráfica o de mapas.

El levantamiento geomorfológico estuvo dirigido a caracterizar las formas del terreno, afectado por los procesos morfodinámicos y agentes tanto endógenos como exógenos, que a su vez han modelado los diferentes paisajes geomorfológicos. Para su caracterización se consideran las metodologías de trabajo que desarrollan las entidades del Estado cuya misión es el avance del conocimiento de los suelos (IGAC- Metodología Zinck, 2012), y la evaluación de las amenazas naturales (SGC-metodología Carvajal-2011), cuyo marco de jerarquía difiere ligeramente en los niveles de categorización y conceptualización genérica.

En la Cuenca del Río Calenturitas se han diferenciado unidades de cuatro principales ambientes morfogenéticos a saber: Ambiente Estructural, Ambiente Denudativo, Ambiente Fluvial y Lagunar, y Ambiente Antropogénico. Las unidades enmarcadas en cada uno de los ambientes se caracterizaron por morfografía, morfometría, morfodinámica, morfocronología, entre otras propiedades, cartografiadas a escala 1:25.000.

## 1. Objetivos

### 1.1. Objetivo general

Caracterizar geológica y geomorfológicamente el área de la cuenca hidrográfica del Río Calenturitas, en el departamento de Cesar, mediante imágenes satelitales y procesos SIG (ArcGis y SAGA), definiéndose este trabajo como herramienta para el futuro plan de ordenación y manejo ambiental de la cuenca hidrográfica.

### 1.2. Objetivos Específicos

- Generar la salida cartográfica de unidades geológicas a escala 1:100000, en base a insumos servicio geológico colombiano (SGC).
- Producir salida cartográfica de unidades geológicas a escala 1:25000, mediante geología escala 1:100000, fotointerpretación y procesos SIG.
- Generar salida mapa de unidades geológicas superficiales escala 1:25000.
- Elaborar mapa de geoformas a nivel de unidades y subunidades a escala 1:25000 (metodología Servicio Geológico Colombiano).
- Realizar salida mapa de procesos morfodinámicos (para amenazas naturales) a escala 1:25000.

- Generar mapa de geoformas a nivel de familia y subfamilia a escala 1:25000 (metodología del IGAC).

## **2. Metodología**

Para la realización de esta práctica empresarial se llevará a cabo la siguiente metodología:

1. Fase de recopilación de información: Consiste en la recolección de toda la información bibliográfica existente, para poder analizar la geología, geomorfología y unidades geológicas superficiales existentes.

2. Fase de pre-procesamiento: al agrupar la información existente junto a las imágenes satelitales, se empiezan a modificar, y actualizar contactos geológicos, fallas y pliegues en los empalmes de las planchas, cumpliendo con la salida cartográfica de Unidades Geológicas a escala 1:100000; con fotointerpretación y procesos SIG (ArcGis y SAGA) se mejora y se detalla la salida cartográfica de Unidades Geológicas a escala 1:25000. Se realiza con esto el mapa de geoformas a nivel de unidades y subunidades a escala 1:25000, morfodinámico, mapa de geoformas a nivel de familia y subfamilia a escala 1:25000, y unidades geológicas superficiales también de escala 1:25000.

3. Fase de revisión de campo: se realiza la salida de campo para comprobar ajustes de geología, geomorfología y unidades geológicas superficiales.

4. Fase de procesamiento final y elaboración de informe final: con la agrupación de la información obtenida en campo y pre-procesamiento se general ajustes en los mapas y salidas

cartográficas, lo que lleva a los productos finales necesarios, se realiza la agrupación de la información además en un informe final de todo lo realizado en la práctica empresarial (memoria de geología y geomorfología).

### 3. Generalidades de la cuenca del río calenturitas

La Cuenca del Río Calenturitas está ubicada en jurisdicción de los municipios de Becerril, La Jagua de Ibirico y El Paso, todos ellos pertenecientes al distrito minero de la Jagua. Según la codificación hidrográfica propuesta por el IDEAM en el año 2013, la Cuenca del Río Calenturitas traspasa los límites políticos administrativos de Colombia, dejando así aproximadamente 2.216 hectáreas pertenecientes a la República Bolivariana de Venezuela. Además, la Cuenca del Río Calenturitas se encuentra entre dos ecorregiones del departamento del Cesar: el Valle del río Cesar y la Serranía del Perijá. Ver [Error! No se encuentra el origen de la referencia.](#)

El río Calenturitas está conformado por las sub-cuencas del río Maracas y el río Tucuy las cuales entregan sus aguas en terrenos del proyecto minero Calenturitas; así mismo, atraviesa el proyecto El Descanso, en su extremo sur. A la altura del proyecto carbonífero La Jagua de Ibirico, el río Tucuy recibe las aguas del río Sororia (fuente de suministro del acueducto de La Jagua), arroyos Zárate, Anime, Santa Cruz y las Delicias, quebradas Ojinegro, Aguadulce y Somınca, entre otros. (Aspectos geológicos y principales consideraciones de la evaluación ambiental estratégica, 2009).





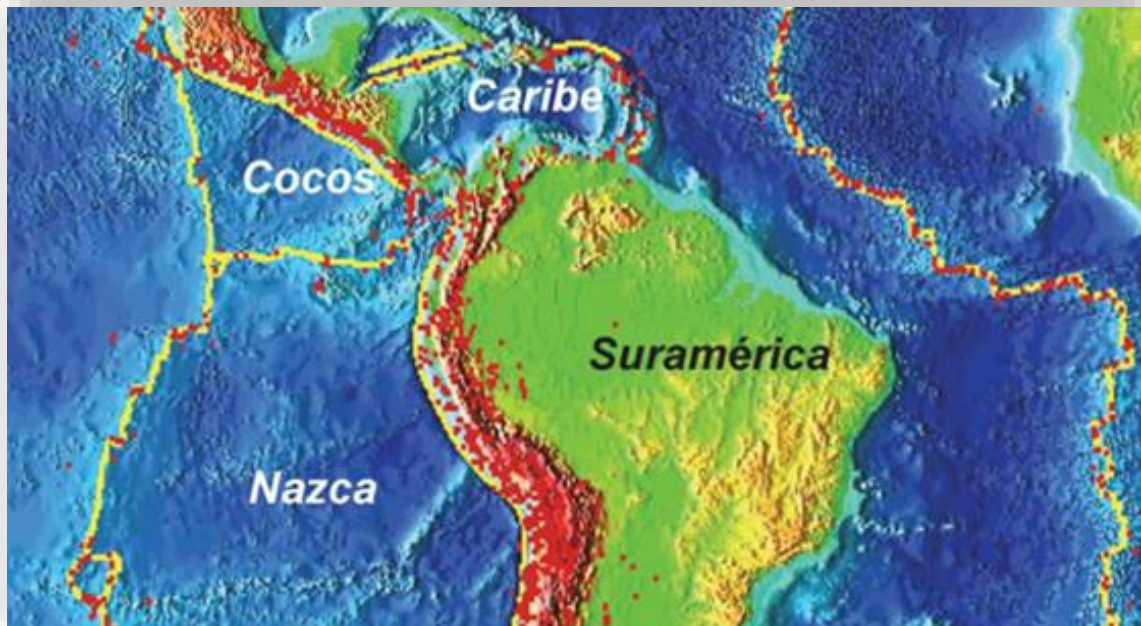
#### 4. Marco Geológico Regional

El sector noroccidental de Suramérica corresponde al área sobre la cual se ubica el Territorio Colombiano, una zona continental que se encuentra limitada por los océanos Atlántico y Pacífico hacia al norte y occidente (Vargas et. al 2002).



*Figura 3.* Territorio Colombiano en sector noroccidental de Suramérica.  
Fuente: Tomada de Google Earth (Escala 1:5.000.000).

La localización tectónica colombiana está sobre la placa Suramericana, tocando la placa Caribe por el Norte y la placa de Nazca por al Occidente (García 2015) .



*Figura 4.* Localización Tectónica de Colombia.

Fuente: Tomado de García, L. E. (2015) Desarrollo de la normativa sismo resistente colombiana en los 30 años desde su primera expedición

En el territorio Colombiano se observan al menos tres dominios, con características fisiográficas y sísmicas marcadamente diferentes:

**1. Llanos Orientales:** Una extensa zona hacia el oriente con topografía plana y ligeramente ondulada que hace parte del estable escudo suramericano. En su extremo occidental se encuentra la Sierra de la Macarena, una pequeña cadena montañosa que parece aislada de la Región Andina. En general, la actividad sísmica de esta zona se encuentra restringida hacia el límite con la Región Andina.

**2. Región Andina:** Se trata de un cinturón montañoso con picos volcánicos activos que alcanzan los 5500m y que se ramifica en el sur de Colombia en tres cordilleras: Oriental, Central y Occidental. A lo largo de los valles intra montañosos de estas tres cordilleras corren ríos Magdalena y Cauca. La principal actividad sísmica de Colombia se ubica en esta zona.

**3. Región Caribe:** Corresponde a una zona predominantemente plana que presenta hacia el norte una estructura piramidal (Sierra Nevada de Santa Marta) con alturas que alcanzan los 5700m. En esta región el Río Magdalena y este a su vez desembocan en el Océano Atlántico. Su actividad sísmica es baja. Este esquema fisiográfico se complementa con la presencia de una pequeña cadena montañosa en el sector occidental de Colombia que corre paralela a la costa Pacífica, la Serranía del Baudó, y llega a limitar el curso de los ríos San Juan y Atrato, y conforman en Panamá la Serranía del Darien. Al sur, donde se desprenden las tres cordilleras, nacen los ríos Cauca, Magdalena y Patía (Vargas et. al., 2002).



Figura 5. Aspectos fisiográficos del territorio colombiano. 1. Llanos Orientales, 2. Región andina, 3. Región Caribe

Fuente: Tomado de Vargas-Jiménez, et. al. (2002) Estado de deformación y esfuerzos en el territorio colombiano; Rev. acad. Colomb. Cienc.: volumen XXVI, número 100 p. 3

Algunas características principales del esquema tectónico actual del territorio colombiano son:

- Tres cordilleras con tendencias N-NE, Oriental, Central y Occidental, que se desprenden desde una cordillera principal hacia al sur, las cuales se encuentran separadas por cuencas estructurales.

- La naturaleza y composición de las tres cordilleras es sustancialmente diferente, cada una resultado de diferentes procesos tectónicos que afectaron al NO de Sudamérica.
- Las cordilleras Occidental y Central están separadas por la Depresión Intra montañosa Cauca-Patía, por donde corre el sistema de Fallas de Romeral controlando el río Cauca y muchos de sus afluentes. Particularmente este sistema marca el límite entre litologías con dominios continental hacia el oriente y marino al occidente.
- La Cordillera Oriental desde su inicio al sur de Colombia, se amplía progresivamente hacia el norte y muestra varios estilos estructurales y morfológicos (Vergara, 1996). El segmento sur ( $2^{\circ}\text{N} - 3.5^{\circ}\text{N}$ ) es una cadena estrecha con relieve moderado, recorrida en sus bordes por fallas dextrales de orientación N-NE. Su segmento central ( $3.5^{\circ}\text{N} - 5.5^{\circ}\text{N}$ ) presenta una importante meseta, la Sabana de Bogotá, limitada en su extremo oriente por el Sistema de Fallas del Borde Llanero y al occidente por el sistema de Fallas Salinas; todas estas fallas son de carácter inverso “en echelon” con buzamientos hacia la cordillera. Finalmente, su segmento norte ( $5.5^{\circ}\text{N} - 7.5^{\circ}\text{N}$ ) el más amplio de todos, con alturas que alcanzan los 5.500m, está limitado hacia el norte por una falla de rumbo con desplazamiento izquierdo conocida como falla Santa Marta – Bucaramanga.
- El límite de las placas Sudamericana y Caribe consiste en una amplia zona de deformación transpresiva dextral, donde los mecanismos de deformación sugieren deslizamientos discretos en el borde de acreción sur del Caribe, causando por convergencia oblicua absorbida a lo largo de fallas transcurrentes (Oca-Ancon, San Sebastián y El Pilar).
- La deformación continental al norte de Colombia y noroeste de Venezuela es absorbida principalmente por los sistemas de fallas que limitan el bloque triangular de Maracaibo (Audemar & Singer, 1996). De este modo, los Andes de Mérida que llegan a ser el límite entre el Bloque Maracaibo y el cratón sudamericano se caracteriza por deformación transpresiva y fallas

destrales que recorren paralelamente el pie de la cordillera. La Falla Santa Marta – Bucaramanga llega a estar asociada con el movimiento relativo NE del Bloque Maracaibo respecto a la placa Sudamericana.

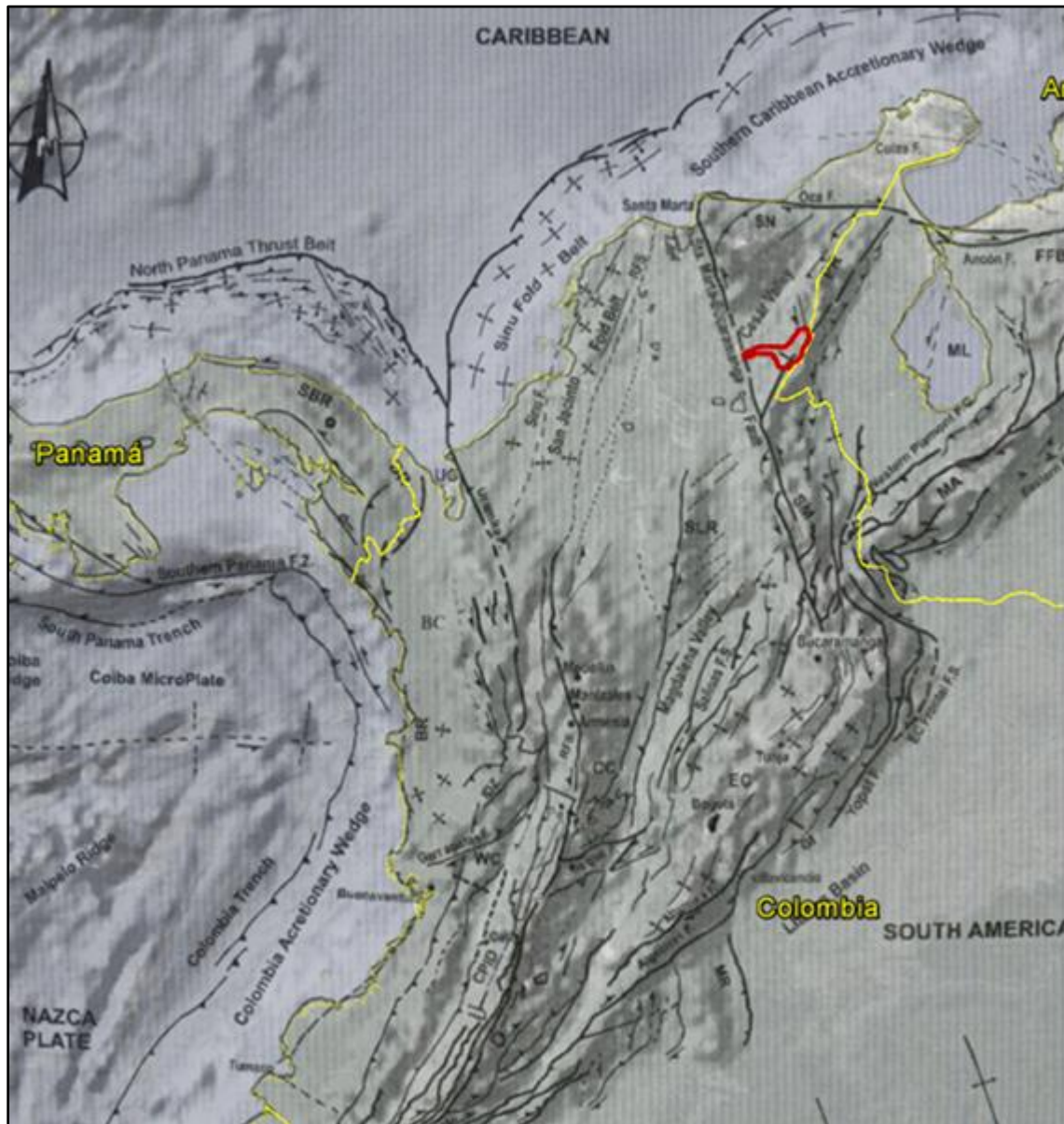


Figura 6. Marco Neotectónico del Noroccidente Suramericano.

Fuente: Tomado y modificado de Tomado de Vargas et al (2002) Estado de deformación y esfuerzos en el territorio colombiano; Rev. acad. Colomb. Cienc.: volumen XXVI, número 100-

R: Serranía de Baudó; CB: Bloque Chocó; CC: Cordillera Central; DR: Serranía del Darién; EC: Cordillera Oriental; FFB: Cinturón de Plegamiento Fancón; MA: Andes de Mérida; MB: Bloque Maracaibo; MR: Sierra de la Macarena; PR: Serranía del Perijá; SBR: Serranía de San Blas; SLR: Serranía de San Lucas; SM: Macizo Santandereano; WC: Cordillera Occidental; CPID: Depresión Intramontañosa Cauca-Patía; SN: Sierra Nevada de Santa Marta; ML: Lago de Maracaibo; UG: Golfo de Uraba; IDZ: Zona de Deformación de Istmina.

El área de la cuenca se encuentra fisiográficamente en:

**Zona de planicie del Cesar:** Corresponde a una amplia y alargada zona, conformada por el valle del río Cesar y el valle del río Magdalena y sus correspondientes planicies de inundación y ciénagas. En general, es una zona baja con poca variación altimétrica (50 - 200 msnm). Esta planicie está intensamente cultivada tanto en pastos como en la agricultura, y aprovecha sus suelos que, aunque son poco evolucionados, poseen gran fertilidad. En las riberas de los ríos Magdalena y Cesar es común encontrar restos de bosques aislados. Los suelos presentes en vegas, diques y llanuras bajas próximas a los ríos soportan inundaciones periódicas, pero son aptas para la agricultura y la ganadería en épocas secas. El clima es tropical húmedo, con un promedio anual de precipitación de 1500 mm y un promedio anual de temperatura de 28°C.

**Serranía del Perijá:** Es la faja montañosa que bordea al departamento por el oriente, y constituye, a la vez, el límite de Colombia con Venezuela. Presenta zonas de bosques poco intervenidos sobre áreas de relieves muy abruptos (pendientes mayores al 50%), y constituye una faja altitudinal entre 1.000 a 2.000 msnm, con una temperatura promedio de 24°C y una pluviosidad anual promedio de 1.000 a 2.000 mm/año. La vegetación de esta área es abundante y la componen árboles y helechos comunes y arborescentes. En el resto de la serranía se encuentran zonas libres de vegetación, dispuestas para cultivos y ganadería de manutención. Los

suelos son, en general, de montaña, como los considerados en la Sierra Nevada de Santa Marta (Morales et. al. 1999)

## 5. Litoestratigrafía

En la Cuenca del Río Calenturitas afloran representantes litológicos, cuyas edades oscilan desde el Paleozoico, hasta el reciente, con procesos sedimentarios que tienen lugar hoy día como las corrientes que conforman su sistema hidrográfico. Las rocas dentro de la cuenca corresponden a rocas metamórficas paleozoicas de la Unidad Metasedimentaria de La Virgen, rocas volcanosedimentarias del Triásico-Jurásico de la Formación La Quinta y sedimentarias del Cretáceo, de las formaciones Rio Negro y La Luna y el Grupo Cogollo. La zona central y occidental, está constituida, en su mayor parte, por la Formación Cuesta del Cenozoico, depósitos cuaternarios de abanicos, depósitos aluviales y depósitos antrópicos, los cuales cubren la paleotopografía pre-existente. En algunos sitios, en la parte plana, se observan cerros o promontorios bajos de rocas jurásicas (Formación La Quinta) y mesozoicas (Grupo Cogollo y Formación La Luna). Información del subsuelo obtenida en pozos de exploración indica que sobre la Formación La Luna se encuentra la Formación Molino del Cretáceo (Pozos Río Maracas 1 y Pozo Cesar F-1x); (Unión Temporal Intera Information Technologies & Bioss Ltda., 1995). La nomenclatura utilizada para describir la secuencia estratigráfica existente se basa en trabajos publicados por ECOPETROL-ANH e INGEOMINAS.

5.1. Salida cartográfica de unidades geológicas escala 1:100.000

Para la elaboración la salida cartográfica de unidades geológicas 1:100.000, se tomaron como base las planchas que hacen parte de la Cuenca del Río Calenturitas: Plancha 40- Bosconia, Plancha 41 - Becerril, Plancha 47-Chiriguaná, y Plancha 48- La Jagua de Ibirico, todas estas del Servicio Geológico Colombiano

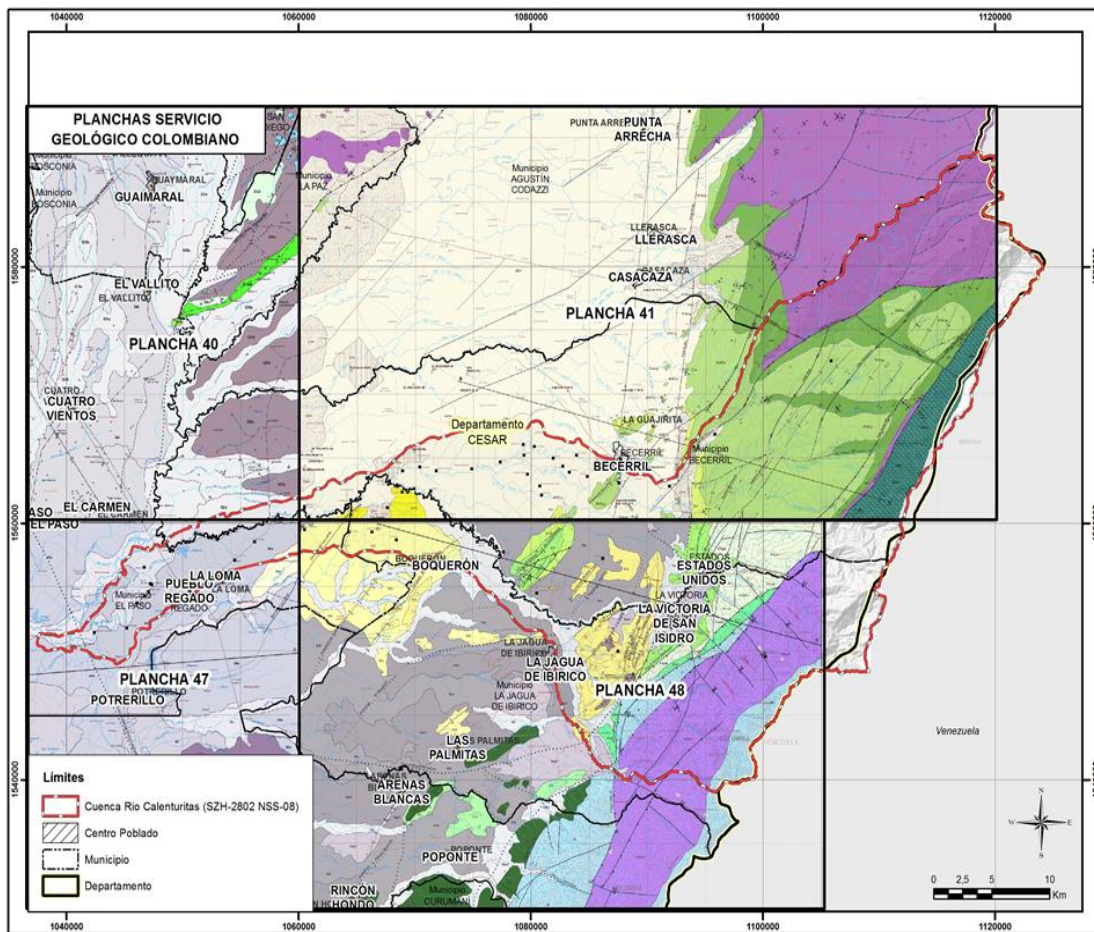


Figura 7. Esquema de Planchas Geológicas escala 1:100000 que comprenden la Cuenca del Río Calenturitas.

Inicialmente se hizo una revisión de las litologías presentes en las diferentes planchas, y su correlación, para determinar que unidades quedarían en la salida cartográfica final, para utilización dentro del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica del río Calenturitas. Seguidamente se empezaron a empatar mediante interpretación de imágenes satelitales (LandSat, QuickBird, Rapideye, Bing Maps, Google, ArcGIS.Imagery.), el Modelo Digital del Terreno (DEM) (12.5 x 12.5 m por pixel), y controles de campo en los cuales se finiquitaron los límites.

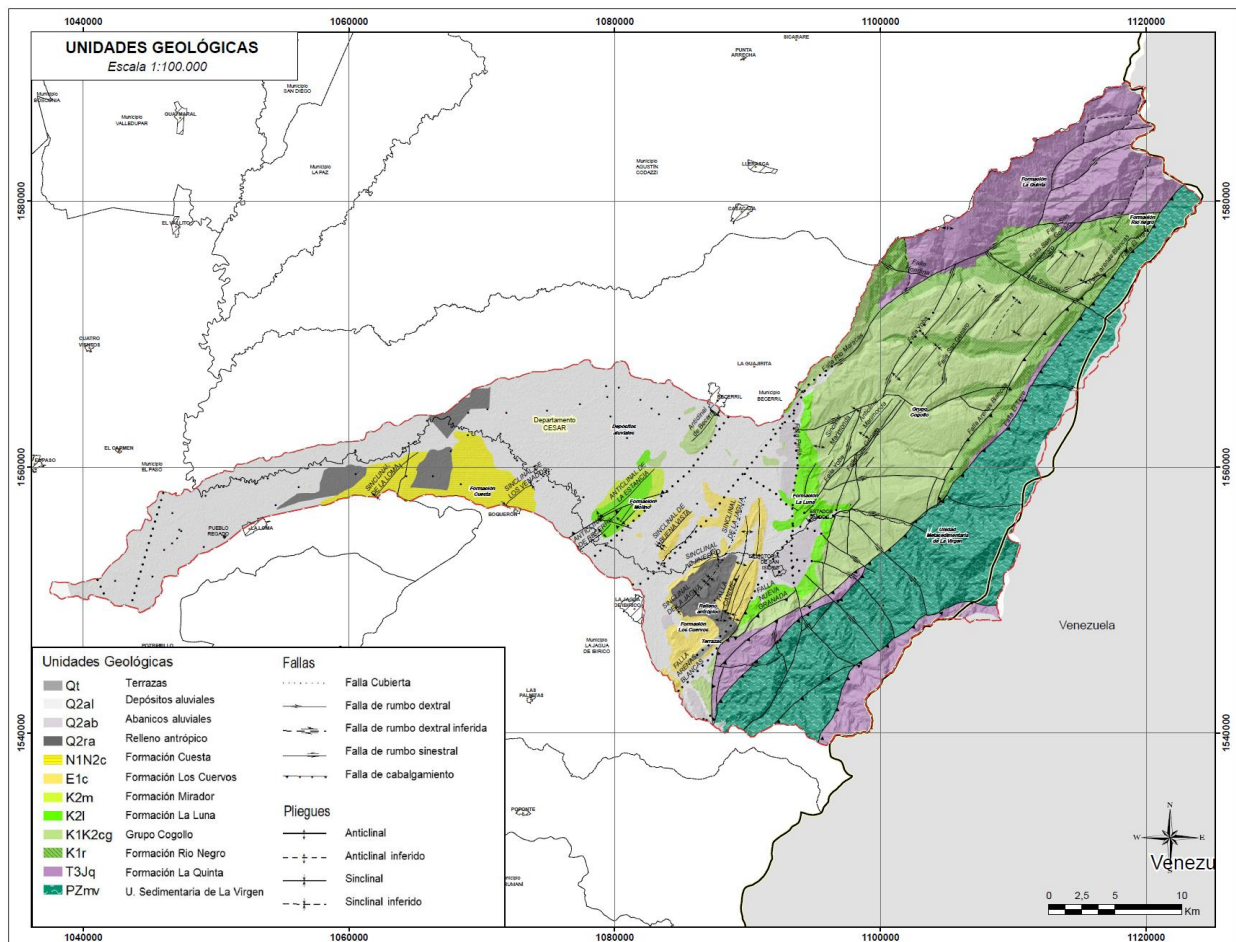


Figura 8. Salida cartográfica de Unidades Geológicas de la Cuenca del Río Calenturitas a escala 1:100.000.

Dentro de las correcciones se encuentran, los ajustes de algunos polígonos dependiendo de la interpretación de imágenes satelitales junto con los modelos de elevación (DEM), de sombras, y de pendientes. También se ajustaron las fallas, debido que en algunos lugares no eran acorde a las expresiones de fallamiento.

## **5.2. Salida cartográfica de unidades geológicas escala 1:25.000**

Para la realización de la salida cartográfica de unidades geológicas a escala 1:25.000, se tuvo la geología a escala 1:100.000 como insumo y las respectivas Planchas Cartográficas del IGAC, Imágenes Satelitales (LandSat, QuickBird, Rapideye, Bing Maps, Google, ArcGIS.Imagery.), Modelo Digital del Terreno (MDT): (12.5 x 12.5 m por Pixel), Modelo de Sombras, y Modelo de Pendientes. Todo el procesamiento se hizo en el Software ArcGIS 10.3.1, de la plataforma ESRI.

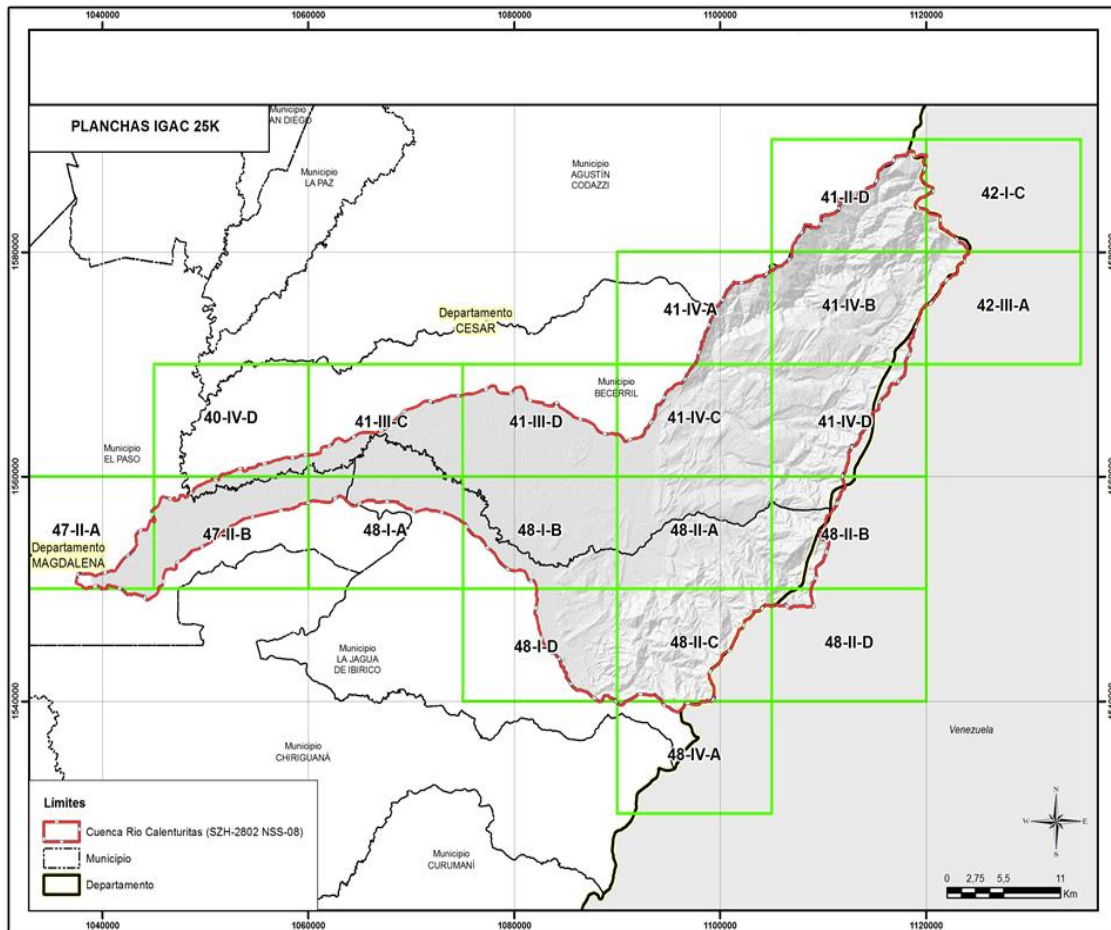


Figura 9. Planchas Cartográficas, IGAC, escala 1:25.000.

### Interpretación de Imágenes Satelitales

Se realizó una interpretación de las imágenes satelitales, y los modelos del terreno, para determinar depósitos recientes de origen aluvial, coluvial, y antrópico, los cuales se representaron en las salidas cartográficas de unidades geológicas a escala 1:25.000. Las delimitaciones usadas, fueron las de las Planchas IGAC, con sus ríos, curvas de nivel y demás componentes.

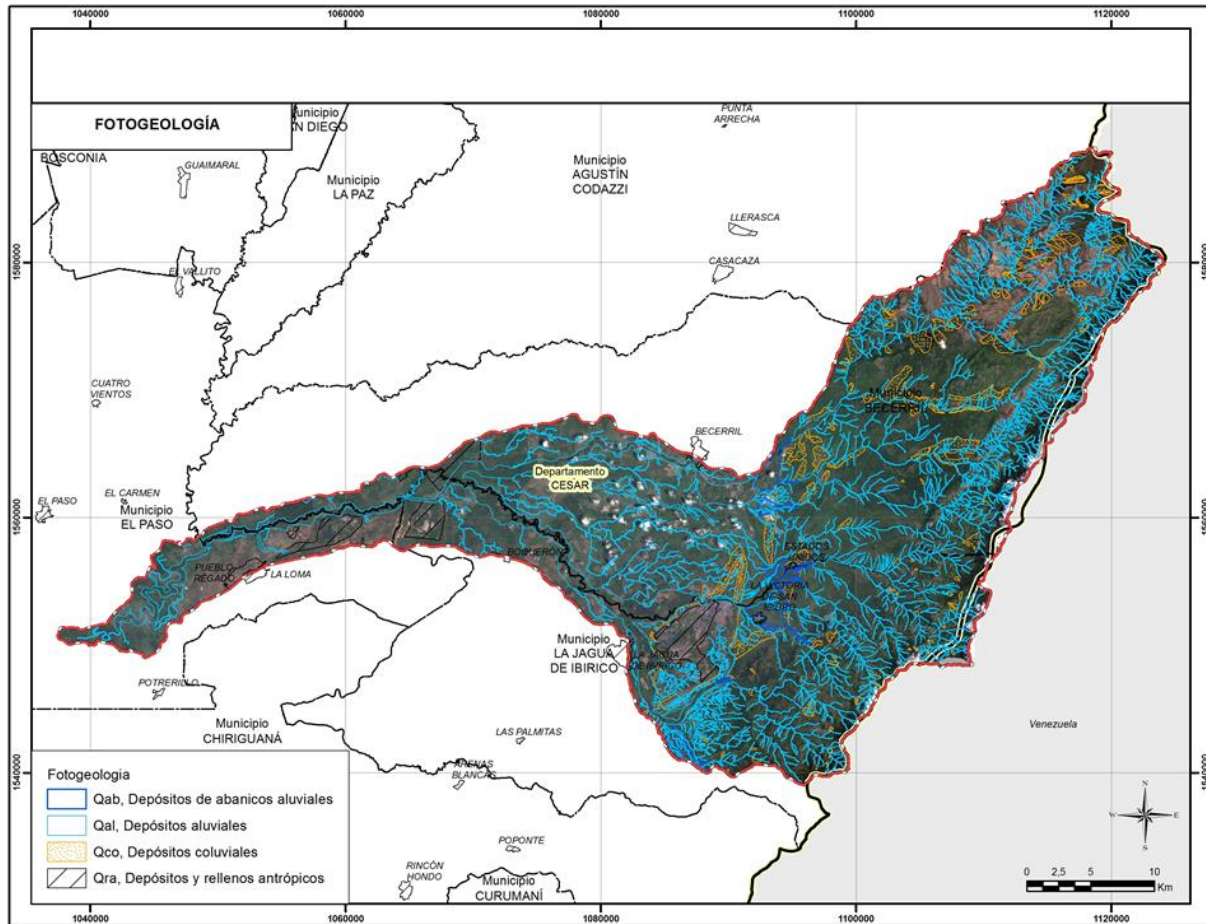


Figura 10. Esquema de interpretación de Imágenes Satelitales, (Fotogeología).

Dentro de las unidades que se reconocieron están los Depósitos Coluviales (Qco), Rellenos Antrópicos (Qra), Abanicos Aluviales (Qab), y Depósitos Aluviales Recientes (Qal), con la ayuda, de los modelos de sombras, de pendientes, y las imágenes satelitales, los cuales se complementaron para dar el resultado de fotointerpretación final.

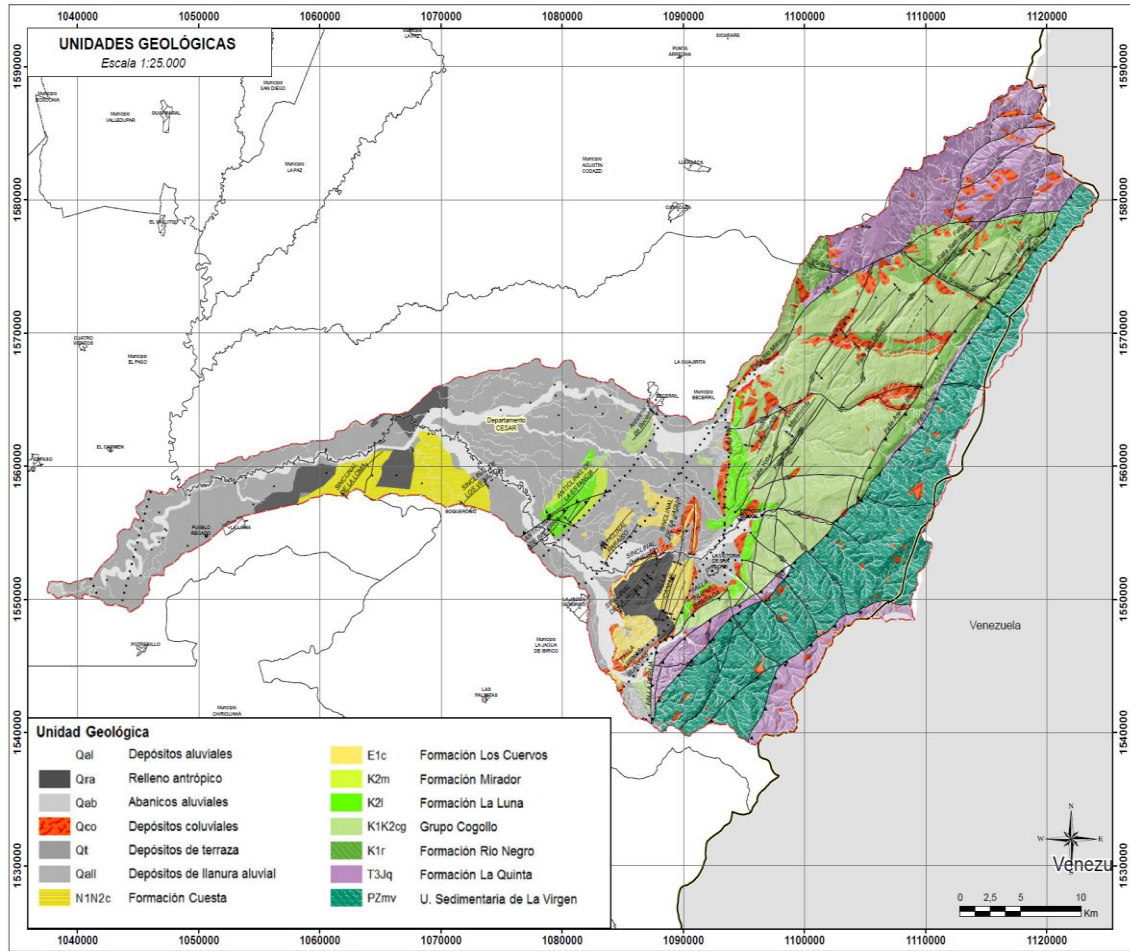


Figura 11. Salida cartográfica de Unidades Geológicas de la Cuenca del Río Calenturitas a escala 1:25.000.

### 5.3. Rocas Metamórficas

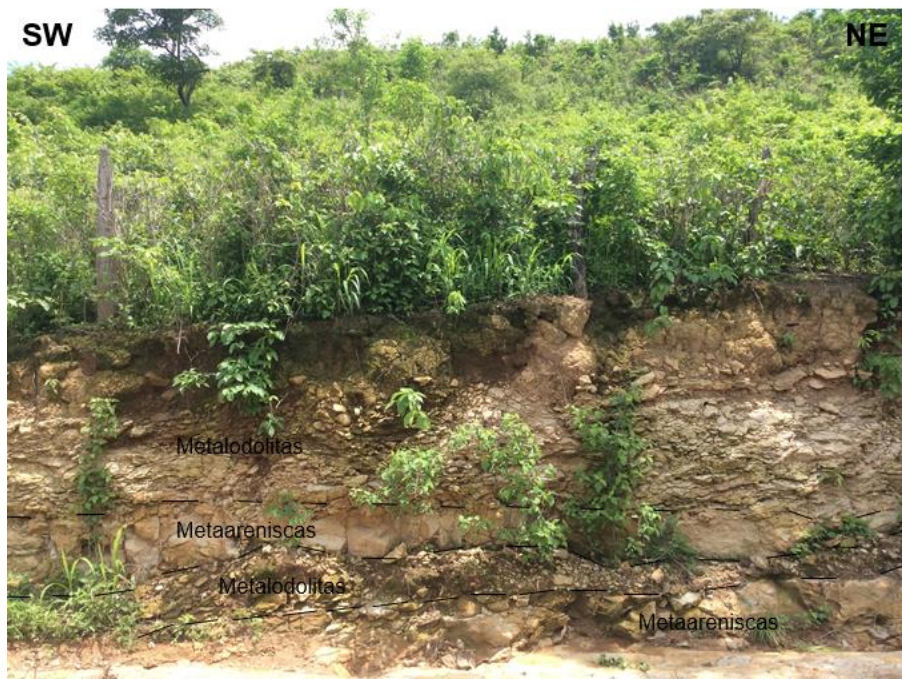
Dentro de la Cuenca del Río Calenturitas, la distribución de las rocas metamórficas se da a lo largo de la vertiente occidental de la Serranía del Perijá, y corresponde a la Unidad Metasedimentaria de la Virgen la cual constituye el basamento de la Cuenca y a las rocas más antiguas en la zona.

**5.3.1. Unidad Metasedimentaria de La Virgen (PZmv).** Esta unidad fue definida por Royero et al. (1994) y recibe su nombre de la quebrada La Virgen, municipio de Pelaya, departamento del Cesar, aflora al oriente de la Jagua de Ibirico y al sureste de Rincón Hondo y se extiende hasta la frontera con Venezuela y hacia el norte por cerca de 45 km. Se definió como una secuencia compuesta por rocas sedimentarias afectadas por metamorfismo regional de bajo a muy bajo grado.

**5.3.1.1. Distribución geográfica.** Aflora en el extremo suroriental y nororiental de la Cuenca del Río Calenturitas, cartografiada en la Plancha 41 - Becerril, y la Plancha 48- La Jagua de Ibirico, al oriente del Sistema de fallas Arenas Blancas - El Tigre, veredas El Progreso, Cabeceras de Socomba y Las Américas, en las planchas (41-III-D, 41-IV-D, 41-IV-B, 42-III-A, 42-I-C, 48-III-B, 48-IV-A, 48-II-C, 48-II-A, 48-II-B) como un cuerpo montañoso con dirección NE.

**5.3.1.2. Litología.** Esta unidad comprende rocas sedimentarias afectadas por metamorfismo regional de bajo grado, corresponde a intercalaciones entre Metaareniscas grises a gris verdosas y amarillentas, metalodolitas gris verdosas, ligeramente micáceas, metalimolitas gris a gris verdosas y metaconglomerados cuarzosos y en menor proporción filitas. Los metaconglomerados se observan hacia la parte media a superior. Las descripciones corresponden a las realizadas en Royero (1994) y en el Mapa Geológico Generalizado del Departamento del Cesar (Arias & Morales, 1994). Estas rocas están dispuestas en capas delgadas y medianas; metareniscas, metalimolitas, metalodolitas, metaconglomerados y en menor proporción filitas, esquistos y cuarcitas (?). Arias & Morales (1994) describen al oriente de La Jagua de Ibirico una secuencia

espesa y monótona de metaarcillolitas y metalodolitas rojas, ocasionalmente gris azulosas, finamente laminadas, con brillo sedoso; metareniscas de grano fino, gris verdosa, micácea y muy deleznable, donde el metamorfismo es menos visible; se observan concentraciones de cuarzo lechoso, de segregación, y está asociado principalmente con las metaarcillolitas. Interstratificado con las metalimolitas se encuentra un conglomerado con cantos subredondeados de cuarzo lechoso, cuarcita blanca, areniscas de grano fino, chert, rocas volcánicas y esporádicamente limolitas rojas y verdes. Hacia la parte superior de La Serranía, Arias & Morales (1994) describen una secuencia de 30 metros de calizas grises claras, arenosa; la caliza en bancos medianos y delgados está cruzada por venillas de calcita. La secuencia metasedimentaria continua hacia el oriente hasta cerca de la frontera con Venezuela.



*Figura 12.* Intercalaciones de Metalodolitas con Metaareniscas de grano muy fino. Unidad Metasedimentaria de La Virgen (PZmv). Vereda Nueva Granada. Estación CC02, 1 553 219m.N y 1 099 717m.E.



*Figura 13.* Metaareniscas de la Unidad Metasedimentaria de la Virgen (Pzmv). Vereda Las Delicias. Estación CC-R22, 1 548 191m.N y 1 093 473m.E.

**5.3.1.3. Contactos.** Se trata de una unidad cuyos contactos son fallados y, dadas las correlaciones, se considera que los límites inferior y superior están fallados, sin embargo, Arias & Morales (1994) en el Mapa Geológico Generalizado del Departamento del Cesar, establecen implícitamente una inconformidad entre las rocas paleozoicas de la Unidad Metasedimentaria de La Virgen y la Formación La Quinta, hacia la frontera con Venezuela.

**5.3.1.4. Origen, edad y correlaciones.** Los metasedimentos se correlacionan tentativamente con Series Perijá de edad cambro–ordovícica (Forero, 1972), igualmente, podría correlacionarse con la secuencia metasedimentaria que aflora entre Silos y Guaca (Santander) que en concepto de Forero (1972) es de edad predevónica, posiblemente silúrica, y cartografiada por Ward et al 1973 como Formación Floresta Metamorfizada. La Unidad Metasedimentaria de La Virgen, probablemente, también es equivalente con el Grupo Quetame del silúrico inferior (Grösser & Prössl, 1991) y con la Formación Silgará, que fueron datadas del Cambro-Ordovícico (Ward et

al., 1973). En la Cordillera Central es posible compararla con la Formación Amoyá (Nuñez, et al., 1984) de edad paleozoica. Arias & Morales la consideran correlacionable con la Unidad Metasedimentaria de La Virgen del Silúrico (Royero, 1994) y con los denominados metasedimentos al este de Manaure (Forero, 1972).

Arias & Morales (1994) consideran que los metasedimentos que afloran al este de la Jagua de Ibirico tienen un espesor mayor de 2.000 metros, pero su espesor real no es posible determinarlo por el intenso plegamiento y fallamiento. Para la Unidad Metasedimentaria de La Virgen, Royero (1995) estableció un espesor de 2.202 m en la quebrada Barroblanco (Piedecuesta, Plancha 120-II-D).

#### **5.4. Rocas Sedimentarias**

Las rocas sedimentarias que afloran en la Cuenca abarcan desde el Paleozoico al Reciente, y cubren prácticamente toda la escala geológica desde el Paleozoico. La estratigrafía sedimentaria, en compañía de los eventos volcánicos, registra la historia geológica de sedimentación de diferentes tipos, en variados ambientes, tranquilos y continuos, o separados por eventos tectónicos que causan discordancia, plegamientos y fallamientos. Las siguientes unidades y/o Formaciones fueron tomadas de las memorias explicativas de plancha 48 -La Jagua de Ibirico, plancha 47 -Chiriguana, plancha 40- Bosconia, y plancha 41- Becerril.

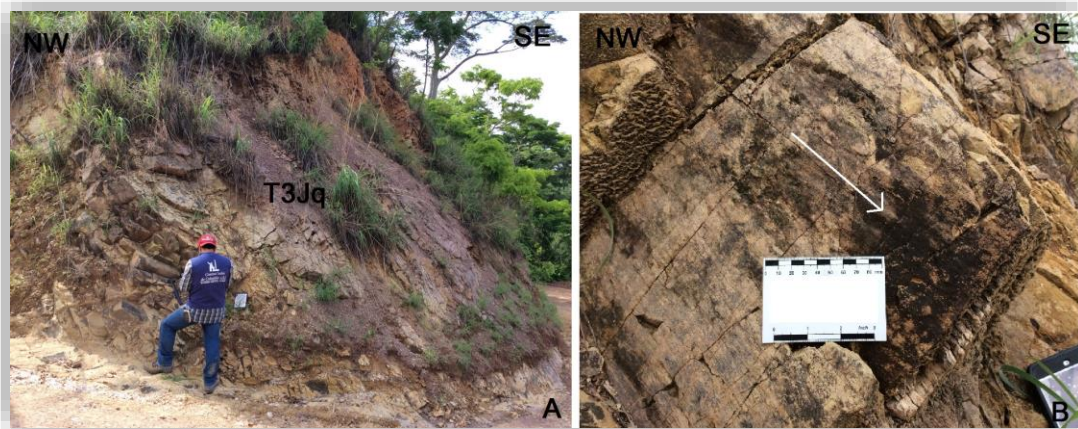
**5.4.1. Formación La Quinta (T3Jq).** Esta unidad fue descrita por Kundig (1938) (en: Julivert 1968), en el Estado de Táchira, en la Carretera Seboruco - La Grita, cerca al Caserío de La Quinta, en Venezuela. Fue introducida en Colombia por Miller (1960)(en: Julivert 1968), para

describir sedimentos de edad posiblemente jurásica que se encuentran en la vertiente W de la Serranía del Perijá, en la vertiente W de los ríos Ranchería y César, y en Filo Majuyura (zona de Fallas de Oca) en el extremo septentrional de la Sierra de Perijá.

**5.4.1.1. Distribución geográfica.** Secuencia que aflora a lo largo del flanco oeste de la Serranía del Perijá, al este de las poblaciones de La Jagua de Ibirico en forma de cerro de presión, Victoria de San Isidro y al sureste de Santa Isabel, en las planchas (41-IV-D, 41-IV-A, 41-V-B, 41-II-D, 42-I-C, 48-I-D, 48-III-C, 48-IV-A, 48-II-A). En la Cuenca de Cesar se presenta ampliamente distribuida, y se ha perforado en los pozos Paso 1 y Cesar A-1X, donde se caracteriza por la presencia de arcillas, areniscas y *shales*. Con espesores de 148 m y 23 m respectivamente.

**5.4.1.2. Litología.** Litológicamente se compone de rocas clásticas, asociadas con rocas volcanoclásticas, como tobas, brechas y pórfidos; areniscas arcósicas, lutitas, limolitas abigarradas, de color rojo, principalmente, con fractura concoidea, estratificación plano paralela, desde láminas delgadas hasta capas muy gruesas; conglomerados color rojo, cuya composición de clastos varía de volcánicos a graníticos, metamórficos. Está constituido por sublitarenitas de grano fino a medio, friables, sublitoarenitas conglomeráticas de grano fino medio con intraclastos de limolitas rojas, intercaladas con limolitas gris verdosas y areniscas de grano fino grises, muestran estratificación ondulosa y plana paralela. El color de las rocas es rojo con variación dentro de un mismo nivel a gris claro y gris amarillento, geometría tabular y en artesa con estratificación plana a cruzada.

En el sector de Las Nubes y El Pancho (sureste de Santa Isabel), las características litológicas varían y se observa un material más fino de color rojo, areniscas tobáceas (?), tobas arenosas, areniscas de tono verdoso, que forman capas y estructuras lenticulares dentro de los estratos rojos. En la sección levantada de esta unidad se encuentran diques de composición dacítica - andesítica ligeramente porfiríticos con vacuolas de cuarzo, de 6,5 m de espesor. Se observan manifestaciones de malaquita. En ciertos afloramientos la unidad es atravesada por diques de ignimbritas oscuras con fragmentos volcánicos de 2-20 cm (Arias, y Morales, 1994). Hacia la parte media de la sección se presentan cenizas félsicas, flujos andesíticos basálticos, brechas y tobas.



*Figura 14.* A) Areniscas de grano fino altamente fracturado B) Se observa estrías de fallas. Formación la Quinta (T3Jq). Vereda Las Delicias. Estación CC-R22b, 1 548 846m.N y 1 093 037m.E.

Forero (1972) (en Cáceres et al., 1980) diferenció y describió los siguientes segmentos de base a techo:

- **Segmento A.** Está compuesto de conglomerados y areniscas rojas. Los conglomerados están formados por guijos de areniscas y calizas, sub-redondeadas, con una longitud máxima de

25 centímetros. Estos conglomerados cambian lateralmente a facies arenosas con estratificación cruzada. Hacia el tope se encuentran intercalaciones de rocas volcánicas félsicas.

- **Segmento B.** Este segmento es principalmente arenoso. Se observan intercalaciones de areniscas de grano fino, rojas con estratificación cruzada con arcillolitas.
- **Segmento C.** Consiste de areniscas rojas en capas gruesas y tobas riolíticas hacia la base, seguidas por una secuencia de conglomerados compuestos por guijos de rocas volcánicas riolíticas, redondeados dentro de una matriz de arenisca roja. Ocasionalmente se observan conglomerados brechados.
- **Segmento D.** Consiste únicamente de rocas volcánicas félsicas: riolitas y tobas riolíticas.

**5.4.1.3. Contactos.** En la cuenca del Cesar se considera que el contacto superior es de tipo paraconforme con la Formación Río Negro (Kir), pero con evidencia sísmica se puede clasificar como discordante angular (García, 1990). El contacto inferior no fue observado, pero se cree que es discordante o fallado (sobre rocas paleozoicas). Según García (1990), en el filo del Avión, en Sabana Rubia es discordante según evidencia sísmica para ECOPETROL, y según Arias & Morales (1994) por observación directa y cartografía elaborada. El contacto superior con el Grupo Cogollo es también discordante.

**5.4.1.4. Origen, edad y correlaciones.** Según Cáceres (1980), la deposición de esta formación se realizó en una cuenca amplia (tectónica distensiva), donde las condiciones, primero fluviales con predominio de condiciones de humedad y oxidación y luego volcánicas explosivas piroclásticas y flujos contemporáneos, dominaron la sedimentación. La determinación de la edad sólo se hace posible tras haber fijado su techo y base, ya que en ésta no se han encontrado restos

fósiles. Künding (1938) describió la sección tipo en Venezuela y la ubicó estratigráficamente en el Triásico - Jurásico. Se correlaciona litológicamente con la Formación La Quinta de la Cuenca de Cesar, Ranchería y Maracaibo, y con la Formación la Quinta en Venezuela. El espesor en la sección tipo cerca de La Grita (Venezuela) es de 2.300 m (Künding, 1938). En las cuencas Cesar y Ranchería el espesor varía entre 2.500 y 4.000 m (Acevedo y Pérez, 1990). En La Jagua de Ibirico su espesor ha disminuido notoriamente porque sus límites son fallas, sin embargo, se han medido más de 500 m en la Serranía del Perijá

**.4.2. Formación Río Negro (K1r).** La Formación Río Negro según Julivert (1968), fue definida por Liddle (1928), en la Serranía del Perijá en el Río Negro estado de Zulia, en Venezuela como “*Basal Cretaceous Conglomerate*”. Hedberg (1931) (en Julivert, 1968), denominó “*Río Negro Conglomerate*” a los depósitos del Cretáceo Inferior de la Sierra de Perijá en Zulia (Venezuela), formados por conglomerados y areniscas de grano grueso; la formaciones muy gruesa y no presenta fósiles, y en este sentido se utiliza en el presente informe.

**5.4.2.1. Distribución geográfica.** Aflora en las estribaciones de la Serranía del Perijá al oriente de las localidades de Popote y Rincón Hondo, en el costado suroriental de la Plancha 48 La Jagua de Ibirico, en el cerro Arenas Blancas, cerro de San José, forma pequeños cerros, alineados. Fue perforada por los pozos Cesar A-IX, Venados y Cesar HIX (García, 1990). Buenos afloramientos de la Formación Río Negro (K1r), se aprecian en la parte noreste de dicha plancha, en la vía a Sicarare Alto, también, en la vía Fernambuco, sector la bodega, en el arroyo Alberto. Al oriente del corregimiento de Casacará, en la vereda Carrizal, quebradas Seca y La Hondina y por el río Maracas, en la Vereda Brisas del Maracas. Al oriente en la quebrada

Roncón y Brisas de San Genaro y en el extremo sureste en la vereda Cabeceras del Socomba. Aflora en las planchas (41-IV-A, 41-IV-B, 41-V-B, 41-IV-D, 48-II-A, 48-II-B).

**5.4.2.2. Litología.** Está constituida por areniscas y conglomerados de granulometría y composición variada con esporádicas intercalaciones de arcillolitas y limolitas grises y pardas. Se presentan en capas gruesas a muy gruesas con abundante estratificación cruzada a diversa escala. En las secciones delgadas realizadas en el Proyecto Cesar-Ranchería (García, 1990), los análisis mostraron que las rocas composicionalmente van de arcosas líticas a cuarzo-arenitas, con tamaños de grano de fino a grueso, la selección es regular a mala. En el cerro Arenas Blancas al noroccidente de Poponte, la Formación Río Negro está conformada por capas de arenisca de grano grueso, arenisca conglomerática y conglomerado. La arenisca es totalmente cuarzosa, muy deleznable por ser poco cementada; localmente presenta tono rojizo por la presencia de óxido de hierro; las capas son delgadas y en algunas se observa estratificación cruzada. Al este de Rincón Hondo, la secuencia es principalmente lodosa y se observa la presencia de canales en los estratos arenosos. Hacia la quebrada la Mochila se observan potentes estratos arenosos con niveles arcillosos hacia la base.



Figura 15. Intercalaciones de arenisca de grano fino, Limolitas y Lutitas donde se observa microplegamiento. Formación Rio Negro (K1r). Vereda El Progreso. Estación CC12, 1 558 313m.N y 1 104 610m.E.

**5.4.2.3. Contactos.** El contacto inferior con la Formación La Quinta es una discordancia poco marcada o paraconformidad (García, 1990). El contacto superior con el Grupo Cogollo es transicional debido a la presencia de caliza detrítica enriquecida en hierro y glauconita.

**5.4.2.4. Origen, edad y correlaciones.** Por litología se ha postulado un ambiente de depósitos de Abanicos aluviales, los cuales drenaban desde los altos del basamento (Formación La Quinta y rocas paleozoicas) ubicadas al oeste, este y norte de la actual cuenca del Cesar. A medida que el mar avanzó en su proceso transgresivo gradualmente el ambiente se fue tornando marino (Cáceres et al., 1980 y García, 1990). Dataciones palinológicas (García, 1990) le asignan una edad Aptiano – Neocomiano, la que concuerda, en parte, con la datación de Sutton (1946) de

Barremiano inferior. Se correlaciona con la Formación Río Negro de la cuenca de Maracaibo, con la parte basal arenosa de la Formación Uribante en el área de Catatumbo y con la Formación Tambor del Valle Medio y Macizo de Santander. De acuerdo con los datos de pozo y geología de superficie sería de unos 200 a 250 m, aproximadamente. En el río La Mula se levantó una columna de 80 m. El pozo Cesar A-1X perforó 203 m; los pozos Venados 1 y Cesar H-1X perforaron 52 m y 64 m, respectivamente, sin perforar toda la unidad Lill & Nugent (1959) midieron en Rincón Hondo 800 metros y Cáceres et al., 1980, reportan 1.500 m de espesor en la localidad tipo.

**5.4.3. Grupo Cogollo (K1K2cg).** Garner (1927) realizó la referencia original. Govea & Dueñas (1975) y García (1990) dividen el Grupo Cogollo en dos formaciones denominadas Lagunitas (parte inferior) y Aguas Blancas (parte superior). Según Julivert (1968), Miller (1960) utilizó este término en la Serranía del Perijá y el Valle del río Cesar en el mismo sentido que Sutton (1946) en Venezuela. En el Valle del río Cesar se separa en las formaciones Lagunitas (Neelands, 1922, en Cáceres *et al.*, 1980) y Aguas Blancas (Haught, 1945, en: Cáceres *et al.*, 1980).

**5.4.3.1. Distribución geográfica.** Aflora en dos partes: la primera y más importante comprende el piedemonte occidental de la Serranía del Perijá, al este de La Jagua de Ibirico, en las planchas (48-II-A, 41-III-D, 41-IV-B, 41-V-A, 41-V-D, 41-V-B).

**5.4.3.2. Litología.** Se caracteriza por estratos de calizas grises azulosas en capas medianas a gruesas que varían de *wackstone* (predominante), *mudstone*, *packstone*, *grainstone* y calizas

arenosas, de color gris, gris azulado, gris pardo, gris oscuro y negras, cristalinas, compactas, macizas, micríticas y densas, forman capas de espesor variable; intercaladas con *shale* negro carbonoso. Arias & Morales (1994) describen de igual forma la presencia de dolinas y algunas cavernas con estalactitas y estalagmitas como las ubicadas al nororiente de Becerril. Se observan niveles lumaquéllicos (coquinas) y otros fosilíferos en menor abundancia. Entre la fauna observada cuenta: amonitas, pelecípodos, gasterópodos, crinoideos y algas (Las dos primeras son las más notables). Según los análisis petrográficos realizados en el Proyecto Cesar - Ranchería (García, 1990), para este grupo indicaron la presencia de ostrácodos, globigerínidos y *pellets* fosfáticos. También se observó la existencia de glauconita, óxidos de hierro, chert, cuarzo y dolomitización.



*Figura 16.* Roca Sedimentaria Caliza del Grupo Cogollo. Vereda Alto de las Flores. Estación CC03, 1 553 219m.N y 1 099 717m.E.



Figura 17. Intercalaciones de lodolita calcárea con arenisca calcárea de grano. Grupo Cogollo (K1K2cg). Vereda Canadá Estación CC-R20B, 1 556 825m.N. y 1 098 503m.E.

**5.4.3.3. Contactos.** En la cuenca del Cesar el contacto entre el Miembro Maracas y la Formación La Luna es de tipo concordante. El contacto entre las formaciones Lagunitas y Río Negro en la cuenca del Cesar es transicional. En las áreas donde la Formación Lagunitas suprayace a la Formación La Quinta el contacto es una discordancia angular de bajo ángulo (Cáceres et al., 1980).

**5.4.3.4. Origen, edad y correlaciones.** La sedimentación del Grupo Cogollo ocurrió inicialmente sobre un substrato de pendiente suave, cercano a la plataforma, con profundidades que oscilaban alrededor de los 100 m, como lo evidencia la presencia de algas calcáreas marinas y de foraminíferos planctónicos. La diversidad de fauna observada, braquiopodos, equinodermos, ostrácodos, moluscos, briozoos y radiolarios sugiere condiciones de baja concentración de sal, e

indican buena circulación de agua. Desarrollo de barras y depósitos interbarras que representan ambientes profundos que se manifiestan en la Cuenca de Cesar como *Wackestone* y *Mudstone* (Reading, 1980). La Formación Lagunitas fue depositada en unas condiciones de plataforma media de un mar abierto rico en carbonatos y con relativa abundancia de materia orgánica. Teniendo en cuenta las características litológicas y el contenido fósil, para la Formación Aguas Blancas, se tiene una deposición a partir de un lodo fuertemente calcáreo, con abundante material orgánico y bioclástico. El ambiente se considera de plataforma de un mar tropical transgresivo (Cáceres et al., 1980). El espesor del Grupo Cogollo se incrementa de NE hacia el sur y probablemente presenta un adelgazamiento provocado por el Alto de Valledupar al sur de la ciudad con este mismo nombre. ¿La parte más basal comienza en el Aptiano-Barremiano? según la fauna representada por Renz (1956) (en De Porta et al., 1974) (*Ostrea scyfax*, *Exogyra toxaster* sp., *Choffatella decipiens*). Suprayaciendo se encuentra fauna que indica Aptiano tardío (*Cheloniceras*, *Pseudosaynella* y *Defrenoya*) y sobre estos se encuentran fósiles que señalan como edad de terminación para la deposición del Grupo Cogollo al Cenomaniano (*Turrulites*, *Acanthoceras*, *Montelliceras?*, *Calvoceras?* Durham (1946); Renz (*Orbitolina conica texana*)). La parte inferior del Grupo Cogollo de la Cuenca del Ranchería es correlacionable con la Formación Lagunitas en la Cuenca del Cesar. En la Cuenca del Catatumbo, el Miembro Maracas (Cogollo Superior) se correlaciona con la Formación Cogollo de Notestein et al. (1944, En De Porta et al., 1974) y la Formación Capacho de Richards (1967, en De Porta et al., 1974), el Miembro Tucuy con la Formación Aguardiente, el Miembro Ánimas con la Formación Mercedes y la Formación Lagunitas con parte de la Formación Tibú. Las formaciones de la Cuenca del Catatumbo hacen parte del denominado Grupo Uribante. En la cuenca del Magdalena medio se correlaciona con las siguientes formaciones: Simití, Tablazo y Paja, respectivamente. Según lo

observado en campo, el Grupo Cogollo en la cuenca de Cesar mide aproximadamente 1.200 m de los cuales 750 m corresponden a los miembros Maracas (130 m), Tucuy (140 m) y Ánimas (380 m) de la Formación Aguas Blancas y los restantes 450 m pertenecen a la Formación Lagunitas (García, 1990).

**5.4.4. Formación La Luna (K2l).** Fue descrita por Garner (1926), en la quebrada La Luna al noroeste de Perijá, Estado Zulia, Venezuela y corresponde a la localidad tipo de la formación. Notestein et al. (1944) introdujo este nombre en la Concesión Barco y posteriormente el nombre se extendió a la Cuenca del Magdalena Medio, La Guajira y Serranía del Perijá.

**5.4.4.1. Distribución geográfica.** La Formación La Luna aflora en la Serranía del Perijá al norte y oriente de La Jagua de Ibirico y en las Lomas de La Estancia, al Este de Boquerón, aflora en las planchas (48-I-B, 48-II-A, 41-IV-B).

**5.4.4.2. Litología.** La Formación La Luna está constituida por una alternancia de limolitas, arcillolitas, lutitas negras carbonosas y calcáreas, calizas bituminosas carbonosas, capas de chert negro azulado, concreciones, nódulos elipsoidales y discoidales con estratificación plano paralela con diferentes diámetros (20 cm – 1 m de diámetro). Las lodolitas están predominantemente hacia la base de la formación, al igual que las capas de chert, mientras que las calizas son comunes en la parte superior. Es frecuente encontrar foraminíferos, amonites muy bien preservados, algunos bivalvos y restos de peces. Estratos de caliza arenosa con olor a aceite en muestra fresca, en capas medianas; esparíticas, color gris claro, intercaladas con capas de areniscas de grano fino calcáreas delgadas con estratificación plano paralela ondulosa.

Alternancia de areniscas calcáreas de grano fino color gris claro que presentan lateralmente lentes pequeños (20 cm) con un mayor contenido de materia orgánica, intercaladas con capas de lodolitas (30-40 cm) de tono pardo claro y estratificación plano paralela. Hacia este sector se encuentran nódulos esferoidales y elipsoidales de calizas grises oscuras y negras en superficie fresca y de color muy claro en superficie alterada. En las concreciones más pequeñas, se encuentra pirita, y en algunos fragmentos restos de amonites. En los análisis petrográficos realizados por García (1990) se encontró que la mayoría de las calizas son *wackestones* y *mudstones* con abundancia de foraminíferos planctónicos como *heteroelix* y *globotruncana* y en menor cantidad bivalvos. Se observó la presencia de glauconita, fosfatos, chert, pirita, calcedonia, dolomita y cuarzo. Durham (1946) describió la siguiente fauna en las áreas de Cesar y Ranchería que indica Turoniano temprano.

En el área de La Estancia, se observan estratos de micrita de color gris oscuro con variaciones laterales hacia calizas fosilíferas de color pardo claro, laminación plana paralela continua, pero no muy densa que produce una partición en especie de baldosas de hasta 3 mm de espesor. Presenta capas de chert negro muy fracturado y con delgadas venillas de calcita; arcillolitas calcáreas, negras y duras, laminadas con concreciones y líneas de pirita. Las concreciones presentes son de micrita gris azulada y varían de 0,90 a 1,25 metros de eje mayor. La formación en este sector se encuentra muy fracturada y plegada.

En la Serranía Perijá afloran areniscas de grano fino, color gris claro estratificación plano paralela, tabulares, calcáreas, intercaladas con paquetes delgados de lodolitas, calcáreas con estratificación plana paralela continua, suprayacida por areniscas de grano fino, color gris claro, con nódulos de micritas de color gris oscuro, estratificación plano paralela (aquí se observa hacia la base una capa de chert negro de 15 cm de espesor, aproximadamente). En el techo de la

secuencia, la litología es similar a la parte inferior sólo que las capas son un poco más gruesas. Calizas de color gris oscuro que en muestra alterada da una coloración gris clara, con venillas de calcita que rellenan fracturas y restos de conchillas de bivalvos, de longitud pequeña (3-5 mm) y olor a aceite, intercaladas con areniscas de grano fino calcáreas, estratificación plana paralela continua, color gris claro; descendiendo estructuralmente afloran nuevamente calizas microesparíticas de color gris oscuro con fragmentos de conchillas (bivalvos) intercaladas con areniscas de grano fino, calcáreas, estratificación plana paralela continua, nodulares, color anaranjado y capas de caliza arenosa.



*Figura 18.* Intercalaciones de areniscas calcáreas y lodolitas calcáreas con presencia de Concreciones. Formación la Luna (K21). Vereda Canadá. Estación CC04, 1 556 827m.N y 1 096 901m.E.



Figura 19. Intercalaciones de areniscas calcáreas y lodolitas calcáreas con presencia de nódulos. Formación la Luna (K21). Vereda Alto de las Flores. Estación CC04, 1 553 577m.N y 1 095 535m.E.

**5.4.4.3. Contactos.** El contacto de la base de la Formación La Luna con la parte superior del Grupo Cogollo es neto y concordante. El contacto superior con la Formación Molino fue observado, en el río Molino y se considera transicional y concordante. García, 1990, con base en evidencias paleontológicas, habla de un hiato entre la Formación La Luna y la Formación Colón (equivalente a la Formación Molino) en la Cuenca de Maracaibo.

**5.4.4.4. Origen, edad y correlaciones.** De acuerdo con la litología y el contenido paleontológico, la Formación La Luna fue depositada en un ambiente marino pelágico en condiciones de sedimentación lenta. La presencia de *Heteroelix* caracteriza la zona de mínimo oxígeno, por lo que las condiciones fueron muy restringidas e impidieron la vida bentónica. De

acuerdo con estudios bioestratigráficos (García, 1990) esta unidad abarca una edad del Cenomaniano tardío al Santoniano. La Formación La Luna de la Cuenca del Cesar se correlaciona con la Formación La Luna en la Cuenca de Maracaibo (Venezuela), de donde se tomó su nombre y se lo extendió hasta el Valle Medio del Magdalena. En la Cuenca del Cesar, el espesor oscila entre 150 y 450 m, el pozo Cesar H-1X perforó 179 m, por lo que se postula un adelgazamiento en sentido W y NW.

**5.4.5. Formación Barco (E1b).** Definida por Notestein et al. (1944), en el flanco oriental del Anticlinal de Petrólea, en la sierra Barco del este (Cuenca del Catatumbo).

**5.4.5.1. Distribución geográfica.** Arias & Morales (1994) la cartografiaron en la Loma de San José, al sur de La Jagua de Ibirico y al norte del río Tucuy, sin embargo, para la autora la Loma de San José corresponde a la Formación Río Negro, y el norte del río Tucuy es parte de la Formación Los Cuervos. En el área de la plancha no aflora y se tiene en cuenta por estar presente en el subsuelo. Dentro de la cuenca no se cuenta con afloramientos representativos a la escala de trabajo.

**5.4.5.2. Litología.** Esta formación está compuesta principalmente por areniscas amarillentas, de grano fino, subangulares deleznales, ligeramente arcillosas y micáceas; con estratificación cruzada y laminación plana paralela continua y presenta delgadas intercalaciones de arcillolitas. Las capas varían en espesor de 0,30 a 20 m. Un tipo de arenisca frecuente en esta formación, especialmente en la parte media e inferior, es la llamada arenisca brillante, son areniscas relativamente limpias, de grano fino a medio, en las cuales el crecimiento secundario de granos

de arena ha formado un gran número de caras cristalinas que brillan al sol, de aquí su nombre. Las lutitas y arcillolitas son generalmente grises, en parte limosas, micácea y carbonáceas, localmente ricas en diminutos glóbulos de siderita. Es común la presencia de arcilla ferruginosa, parda, que forman delgadas masas lenticulares y pequeños nódulos. En la parte superior de la formación se halla generalmente carbón en uno o más lechos. Las lutitas y arcillas forman, por lo general, una tercera parte o la mitad del espesor total de la formación.

**5.4.5.3. Contactos.** Está suprayacida en contacto transicional por la Formación Cuervos. El contacto inferior con la Formación Molinos no ha sido determinado.

**5.4.5.4 Origen, edad y correlaciones.** Se considera que por sus características litológicas es de ambiente fluvial. Paleoceno temprano según De Porta et al. (1974). El espesor de esta unidad en el Departamento del Cesar es de 1.000 m aproximadamente.

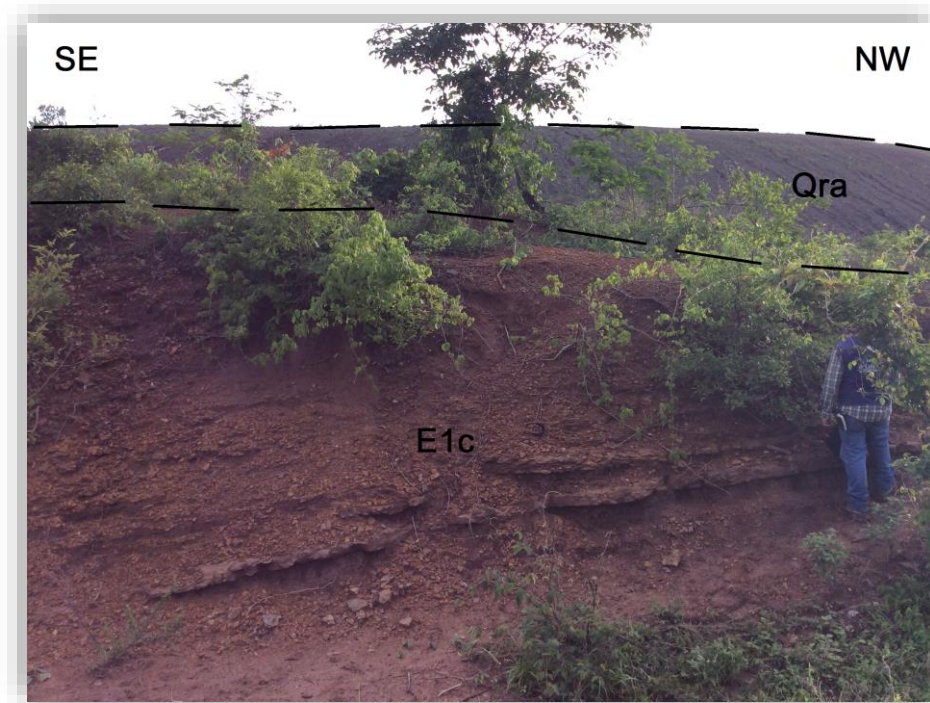
**5.4.6. Formación Cuervos (E1c).** Definida por Notestein et al. (1944). como una secuencia de lodolitas y areniscas, con niveles de carbón.

**5.4.6.1. Distribución geográfica.** Aflora al noreste, este y sureste, de La Jagua de Ibirico, que corresponde a la zona carbonífera, y en la loma de Los Venados, al suroeste de Boquerón, en área de explotación de la Drummond, en las planchas (48-I-B, 48-I-D, 48-II-A). Aflora en el área del Sinclinal de La Jagua, donde se encuentran las explotaciones carboníferas (Mina La Jagua de Carbones del Caribe).

**5.4.6.2. Litología.** Dentro de la formación se pueden distinguir tres miembros por su composición y morfología diferente, Miembro Inferior (carácter lodoso), Miembro Medio (carácter arenoso) y Miembro Superior (carácter lodoarenocarbonoso).



*Figura 20.* Intercalaciones de arenisca de grano fino, lodolitas y lodolitas carbonosas. Formación Cuervos (E1c). Vereda Alto de las Flores. Estación CC08, 1 553 042m.N y 1 090 657m.E.



*Figura 21.* Intercalaciones de Arcillolitas y limolitas de la Formación Cuervos (E1c), en la parte superior se observa un relleno por actividad minera (Qra). Vereda Estados Unidos. Estación CC11, 1 554 545m.N y 1 089996m.E.

- **Miembro Inferior**

Se caracteriza por la presencia de lodolitas, areniscas bioclásticas, *shale* carbonoso y cintas de carbón. Composicionalmente se identifica por la presencia de cintas de carbón, glauconita en los niveles arenosos y los niveles arcillosos moteados grises rojizos, litoarenitas bioclásticas con fauna de pelecípodos y ostreidos.

- **Miembro Medio**

Se caracteriza por presentar espesos paquetes arenosos, con niveles ferruginosos muy característicos de 0,5 – 0,7 m de espesor; se presentan *thalassinoides* de 0,4 – 0,9 m de longitud y 0.05 m de espesor, a través de las capas.

- **Miembro Superior**

Corresponde a rocas de carácter arcillo limoso, intercaladas con delgados niveles arenosos y carbón en estratos de pocos centímetros a metros de espesor, a través de todo el miembro. Este miembro es fosilífero en su parte inferior con fauna de gasterópodos y pelecípodos. Los niveles superiores presentan hojas de gran tamaño y excelente preservación.

**5.4.6.3. Contactos.** El contacto superior con el miembro suprayacente es transicional, el cual corresponde a un nivel lodoso con cintas de carbón que infrayace un banco grueso de areniscas de grano medio a grueso, amarillo rojizas del miembro medio. El contacto con el Miembro Superior suprayacente es gradacional y se ubica teniendo en cuenta la aparición de niveles de carbón y la disminución del carácter arenoso. El contacto inferior con la Formación Barco es transicional, mientras que el contacto con la suprayacente Formación Cuesta es discordante.

**5.4.6.4. Origen, edad y correlaciones.** Con base en las características litológicas del área, como son la presencia de mantos de carbón, estratificación de varios tipos en las areniscas, canales, nódulos de limonita y siderita, y la presencia de restos de plantas y fósiles, en los miembros Inferior y Superior, se puede deducir que en general, el ambiente de deposición que predominó, es un ambiente deltaico transicional, sin embargo, también por las condiciones podría ser considerado un ambiente tipo lagunar.

El ambiente de depósito de la Formación Los Cuervos está regido por varias fases del medio deltaico y por períodos de influencia marina (Acevedo & Pérez, 1990). Durante el Paleoceno temprano existieron condiciones de detrás de barrera; según Horne et al (1978) los carbones de detrás de barrera tienden a ser delgados, lateralmente discontinuos, altos en sulfuros, por lo que,

generalmente, no son importantes como carbones recuperables. En general, predominan las condiciones de baja energía que permitieron la acumulación de limo y arena de corrientes mareales y la precipitación del material en suspensión. De acuerdo con estas características, los carbones del Miembro Inferior pueden haberse formado en este ambiente. Horne et al. (1978) y Serra (1986 en Hernandez & Maldonado, 1985) caracterizan el frente deltaico como una secuencia principalmente arenosa, de alta energía. El Miembro Medio de carácter arenoso puede corresponder a esta parte del delta. Según Horne et al. (1978), los carbones de planicie deltáica baja alta son gruesos, con un alto grado de continuidad lateral y usualmente bajos en sulfuros influenciados, principalmente, por agua dulce. El miembro carbonoso corresponde a un medio de transición entre planicie deltaica baja y alta que permitió la deposición de los mantos de carbón de mayor interés económico. El Miembro Superior se caracteriza por las arenas, limolitas y lodolitas con laminación plana paralela, claro oscuras con contenidos diferentes de materia orgánica que implican condiciones de baja energía con fluctuaciones pequeñas que marcan períodos fijos repetitivos, el aporte de sedimentos es continental por la abundancia de mica y materia orgánica. Dentro de este ambiente aparece una zona de pantano cerrado con abundante vegetación (moldes de hojas) y bioperturbación con la preservación de mantos de carbón lateralmente continuos, con bajo contenido de sulfuros que indican un menor aporte marino.

Según Mejía & Mateus (1978) y Ruíz et al. (1993), la edad del Miembro Superior de la secuencia carbonosa de La Jagua es del Paleoceno. En el área de La Loma al noroeste de La Jagua de Ibirico, la secuencia superior carbonosa según Urdinola (1993, en Hernández & Maldonado, 1995), es del Paleoceno superior – Eoceno inferior. Según Van der Hammen (1958) es Paleoceno medio al Eoceno inferior. La secuencia paleógena en La Jagua de Ibirico ha sido denominada de diferentes maneras; según Wokitel (1957) como Formación Carbonífera de La

Jagua; Miller (1960) la denominó como Formación Santa Cruz; Mejía & Mateus (1978) dividen la secuencia en T1, T2 y T3 de base a techo; Cáceres et al. (1980) se refieren a la secuencia carbonosa de La Jagua como Formación Las Delicias; Peña (1983) designa a esta secuencia como Formación Los Cuervos Inferior, Medio y Superior; Acevedo & Pérez (1990); Campos & Zuleta (1994) la denominaron informalmente como Formación La Jagua.

El principal criterio de correlación en este estudio son las características litológicas, estratigráficas y sedimentológicas, tomadas del trabajo de campo realizado en este estudio, que tiene en cuenta composición, tamaño del grano y tipos de estructuras sedimentarias, como también la información palinológica y evidencias cronológicas de trabajos en el área (Mejía & Mateus, 1978 y Ruiz et al., 1993). Por la posición estratigráfica, litología y edad, la Formación Los Cuervos puede ser correlacionada con una secuencia similar en el área de la Cuenca de Maracaibo, Venezuela denominada Formación Marcelina, con la Formación Los Cuervos de la Concesión Barco y Formación Lisama del Valle inferior del Magdalena; igualmente, con la Formación Cerrejón de la Cuenca Ranchería. Para toda la secuencia éstos son los espesores: varía de 249 a 426 m según los datos del Mapa Geológico Generalizado del Cesar. Loboguerrero (1982, en Hernández & Maldonado, 1995), en el sector de La Jagua estima un espesor de 800 a 900 m, mientras que en La Loma calcula un espesor que oscila entre 1.600 y 1.950 m. Los pozos registran los siguientes espesores: Paso 3, 1066 m; Paso 2, 960 m y Paso 4, 704 m. Cesar F-1X y Río Maracas 353 y 50 metros, respectivamente. En los espesores medidos de los tres miembros en el Sinclinal de la Jagua da un total para la unidad de 750 - 800 m.

**6.4.7. Formación Cuesta (N1N2c).** Definida inicialmente por Notestein et al., 1944. Y posteriormente usado por geólogos de la Colombian Petroleum Company COLPET (Ujueta,

2004) para una unidad caracterizada por pequeños promontorios que aflora en cercanías a La Loma (Corregimiento de El Paso, municipio de La Loma, Cesar).

**6.4.7.1. Distribución geográfica.** Se observan algunos afloramientos en la carretera La Jagua de Ibirico - La Loma en el área de Plan Bonito y el Boquerón extremo suroccidental de la Cuenca del Cesar, en las planchas (41-III-C, 47-II-B, 48-I-A).

**6.4.7.2. Litología.** En general consiste de unas interdigitaciones de conglomerados ferruginosos con areniscas deleznales caracterizadas por presentar estratificación cruzada ondulosa y plana evidenciada por un fuerte color morado que sigue la estructura sedimentaria y se caracteriza por formar crestas de tono rojizo que enmarcan una estructura sinclinal bien desarrollada que corresponde a las futuras explotaciones carboníferas en el área del Hatillo, Plan Bonito y Boquerón. Origina un suelo muy característico de color rojo, granular y con desarrollo de pequeñas ondulaciones que contiene los cantos bien redondeados denominados “huevos de paloma”. La Formación Cuesta está constituida por sedimentos semiconsolidados, mal calibrados con algunas intercalaciones de conglomerados, limolitas y arcillolitas, ocasionalmente presenta costas de óxidos de hierro. Los sedimentos están dispuestos en capas horizontales, con inclinaciones muy suaves, que dan lugar a una topografía ligeramente ondulada. Dichos sedimentos están constituidos de techo a base por unas capas poco consolidadas de areniscas conglomeráticas de tono rojizo de cantos sub-angulares y sub-redondeados de hasta 3 cm de diámetro. Hacia la base se encuentran areniscas de grano muy grueso, tabular de color pardo claro intercalada por pequeños niveles conglomeráticos. Continuando el descenso estratigráfico, aparece nuevamente una capa de arenisca conglomerática de tono rojizo con cantos sub-

redondeados que alternan con capas de arenisca de grano grueso de color pardo rojizo. Suprayaciendo estas capas aparecen unas areniscas conglomeráticas de color pardo claro que van gradando con cantos subredondeados de buena redondez y baja esfericidad de composición ígnea.

**6.4.7.3. Contactos.** La Formación Cuesta suprayace discordantemente todo el registro estratigráfico y, a su vez, es cubierta discordantemente por depósitos recientes. El nombre se debe a las pequeñas lomas que afloran en cercanías a La Loma.

**6.4.7.4. Origen, edad y correlaciones.** Netamente continental con evidencias como texturas gruesas y estratificación cruzada a gran escala. Posiblemente, Mioceno medio a Plioceno, según las relaciones estratigráficas. En los registros de García, (1990) el espesor es variable. El pozo Cesar H-1X perforó 533 m y el Paso 1 perforó 619 m, por lo que el espesor máximo estimado puede ser de 800 m, aproximadamente. Los pozos Paso 2 y 3 perforaron 335 y 320 metros, respectivamente. En superficie se midieron 38 m en el área de Plan Bonito.

**6.4.8. Depósitos Cuaternarios.** Los sedimentos cuaternarios cubren el área oeste de la Plancha 48 La Jagua de Ibirico, son generados por las dos principales arterias fluviales (ríos Cesar y Ariguaní) y sus afluentes, que por su composición y características se consideran de edad cuaternaria.

**6.4.8.1. Depósitos Coluviales (Qco).** Deposito asociado a las laderas de fuertes pendientes, y zonas de escorrentía, su origen está relacionado a procesos de transporte y depositación de

materiales sobre las laderas y por efecto de procesos hidrogravitacionales en suelos saturados y no saturados. Su depósito está constituido por bloques y fragmentos heterométricos de rocas preexistentes, embebidos en una matriz generalmente arcillosa a areno limo arcillosa.



*Figura 22.* Deposito Coluvial (Qco) inactivo, con presencia de pisadas de vacas según Zinck (1988). Vereda Alto de las Flores. Estación CCJR-APQ17, 1 550 596m.N y 1 093 704m.E.

**6.4.8.2. Depósitos de Terraza (Qt).** Las terrazas son una unidad geológica que se expone en la parte más alta de cerro Largo; está compuesta por cantos y bloques de hasta 1,50 m de diámetro, guijos y gravas de areniscas silíceas, muy bien cementadas, duras, de grano medio hasta conglomerático, y son blancas rojizas; algunos de los bloques son de calizas silíceas duras, embebidos en una matriz areno-lodosa; con base en la morfología del área y la interpretación geológica se estima que su espesor puede ser superior a los 100 m. Este depósito es el remanente erosivo actual de un extenso cono de deyección que cubrió gran parte de la región en el

pedemonte de la Serranía del Perijá; además de en cerro Largo, se encuentran vestigios de él en la parte alta de cerro de Piedra. También es posible observar la presencia de estos depósitos cerca al cruce que conduce a la población de Poponte, donde las gravas son predominantes, se encuentran ligeramente inclinada y dispuesta geométricamente en un cerro de orientación N40o-50oE. En este sector, las capas de grava se interdigitalizan con capas de arena fina con estratificación plana paralela y cruzada continua. Estas capas están buzando hacia el oeste.<sup>42</sup>

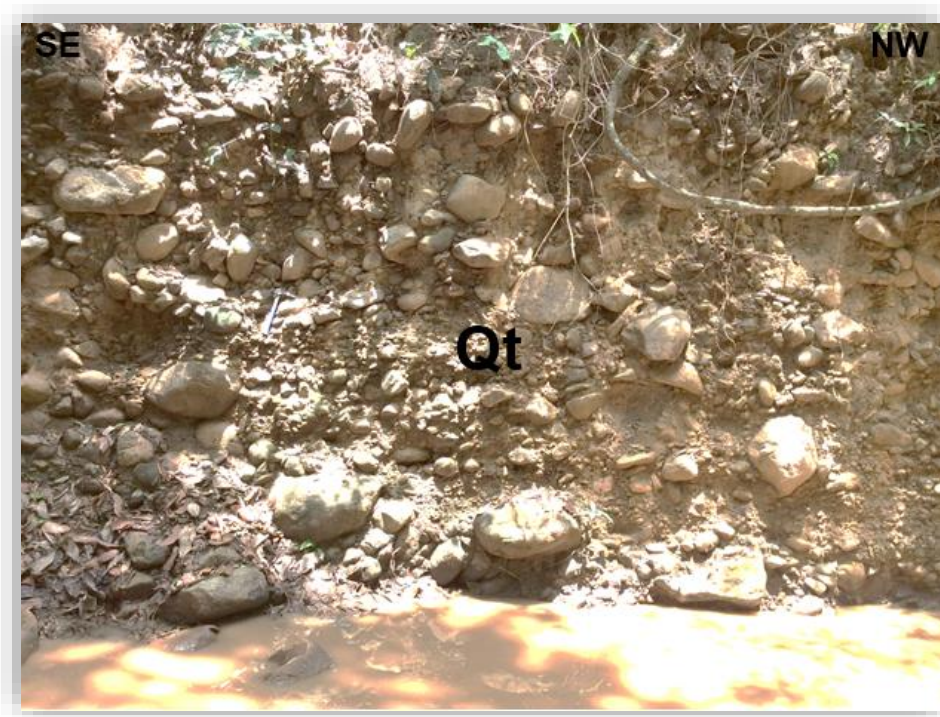


Figura 23. Depósito de Terraza (Qt). Vereda Alto de las Flores. Estación CC06, 1 552 838m.N y 1 903 258m.E.

**5.4.8.3. Depósitos de abanicos aluviales (Qab).** En las Imágenes Satelitales su morfología contrasta con respecto a los otros depósitos cuaternarios, son de laderas cóncavo convexas, de dimensiones de cientos de metros a kilómetros de morfología plana, a suavemente inclinada, aterrizada formados donde una corriente desemboca en una zona plana. En la Cuenca del Río

Calenturitas su origen está asociado a la acumulación torrencial y fluvial en forma radial, ubicados hacia el centro oeste, en la franja de piedemonte.

**5.4.8.4. Depósitos de llanura aluvial (Qall).** Los depósitos de llanura aluvial, corresponden a los depósitos acumulados por las corrientes en la zona plana y semi-plana. Su expresión morfológica es una superficie hata (plana), donde los sedimentos de espesores variables se caracterizan por una granulometría fina, compuesta por arenas, limos arcillas que generalmente están cubiertas por un delgado nivel de gravas finas de algunos centímetros de espesor.

El espesor de este tipo de depósitos tiene variaciones notables (Arias & Morales, 1994). De acuerdo con algunas perforaciones de pozos de petróleo, con datos geoelectricos y observaciones de campo, se puede establecer lo siguiente. En el área de El Boquerón – La Loma, la llanura aluvial es de poco espesor; según Prodeco (1991, en Arias & Morales, 1994) varía entre 5 y 25 m de profundidad.



*Figura 24.* Llanura aluvial (Qall). Vereda La loma. Estación CC16, 1 553 458m.N y 1 047 452 m.E.

**5.4.8.5. Depósitos y Rellenos Antrópicos (Qra).** Son principalmente extensas áreas dedicadas a la extracción de materiales y minerales a cielo abierto, cuyo proceso extractivo se realiza en la superficie del terreno, con maquinaria minera de gran tamaño. En estos sitios se hacen grandes rellenos, y algunas recuperaciones de zonas afectadas.



*Figura 25.* Zona de Relleno por acción de la Minería (Qra). Vereda Alto de las Flores. Estación CC08, 1 553 042m.N y 1 090 657m.E.

## 6. Geología Estructural

En esta parte se hace una breve descripción de los pliegues y fallas que afectan las diferentes unidades litológicas reconocidas en el área de la Cuenca Rio Calenturitas tomado de las memorias explicativas plancha 40 Bosconia, plancha 41 Becerril, plancha 47 Chiriguaná y plancha 48 La Jagua de Ibirico. Los pliegues más notorios están relacionados con la región de Perijá, predominantemente sedimentaria.

La cuenca se divide en dos grandes zonas estructurales: la occidental, localizada en la Subcuenca del Cesar, cubierta en su gran mayoría por depósitos cuaternarios, donde se aprecian

una serie de promontorios o cerros aislados, plegados o buzantes, afectando rocas jurásicas, cretácicas y cenozoicas. La otra es la oriental, zona montañosa en la Serranía del Perijá, caracterizada por una tectónica compresiva, con plegamientos moderados, fallas de rumbo, laterales y al suroriente un gran sistema de falla inversa producto de reactivación de antiguas fallas normales. La estructura que divide estas dos zonas, corresponde a la Falla del Perijá, la cual levanta el bloque oriental de la cuenca. A continuación se describen las principales estructuras que afectan la cuenca:

### **6.1. Fallas**

Dentro de las fallas más representativas, se reconocen tres tipos de fallas, fallas de dirección NE-SW, fallas de dirección NW-SE a W-E, y falla Perijá (N-S).

**6.1.1. Falla de Perijá.** Falla inversa de alto ángulo de carácter regional, tiene una traza rectilínea curva con dirección N18°E hacia el sur y N26°-30°E hacia el norte. Hacia el sureste de cerro Largo, esta estructura se encuentra desplazada por la Falla Arenas Blancas, y pone en contacto rocas jurásicas de la Formación La Quinta con rocas en forma cabalgante, a lo largo del río Sororia. Miller (1960) considera la Falla Perijá de tipo transcurrente con componente inversa vertical. Por otro lado Kellogg (1984) la considera de tipo inverso y de bajo ángulo, que buza hacia el SE, y la relaciona con la Falla del Tigre, basado en datos sísmicos gravimétricos y pozos exploratorios del área del río Palmar, Venezuela. Dentro de los criterios geológicos para su determinación se encontraron evidencias litológicas (cambios de litologías a lado y lado de la falla), evidencias estructurales (cambios de buzamiento en cantidad y dirección, presencia de

fracturamiento) y evidencias geomorfológicas (control de drenajes, presencia de sillars, facetas triangulares). Afecta las rocas de la Formación La Quinta y junto con la Falla Arenas Blancas constituye una zona de falla de tipo regional, en la cual se observa un alto grado de trituración y un cerro de presión con capas de alto buzamiento. Limita dos provincias estructurales diferentes, la Serranía del Perijá, en el bloque oriental, que cabalga sobre las rocas paleógenas y neógenas que conforman el sinclinorio de La Jagua, en el bloque occidental.

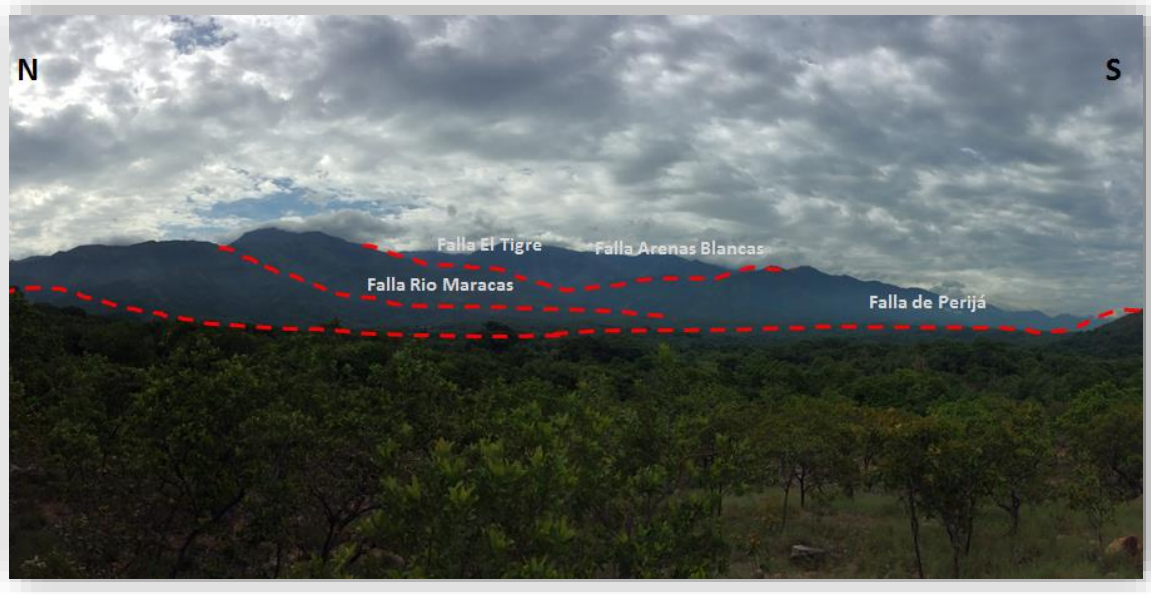
**6.1.2. Fallas El Tigre y Arenas Blancas.** Estas fallas están orientadas en la parte sur oriental, dos trazas de fallas principales y casi paralelas, conocidas como Falla El Tigre y Arenas Blancas, que se unen al NW de la comunidad indígena Sikakao y continúan con Falla El Tigre en un solo trazo hacia el NE; también presentan una serie de pequeñas estructuras conjugadas. Las fallas El Tigre y Arenas Blancas presentan una dirección N20°-45°E, y su inclinación puede ser de 60° hacia el SE hasta vertical. La primera de ellas, pone en contacto fallado las rocas de la Unidad Metasedimentaria de La Virgen (Paleozoico inferior), con las formaciones La Quinta (Triásico-Jurásico) y la Formación Río Negro (Cretáceo).

Este sistema de estructuras se prolonga, hasta territorio Venezolano. Page (1986) (en Hernandez, 2003), sugiere que la Falla Arenas Blancas de dirección NE, presenta un buzamiento subvertical de tipo inverso poniendo en contacto rocas paleozoicas sobre secuencias triásico-Jurásicas y/o cretácicas; para la Falla El Tigre, es menos conocida y probablemente posee una componente inversa.

Las fallas El Tigre y Arenas Blancas afectan de manera importante rocas paleozoicas de la Unidad Metasedimentaria de La Virgen (Pzmv), Jurásicas de la Formación La Quinta (T3Jq), así como cretácicas de la Formación Río Negro (K1r) y el Grupo Cogollo (K1K2cg), plegándolas y

verticalizándolas, presentándose como un lomo o espinazo estructural a lo largo de su traza. Algunas de las fallas satélites asociadas, han generado deformaciones a lo largo de la dirección preferencial. Este sistema se ha interpretado como de fallas inversas, resultado de la inversión tectónica de una estructura de tipo normal, generada en una zona de rift triásica-jurásica, alargada y profunda, localizada desde Colombia hasta Venezuela. Este cabalgamiento genera el levantamiento de rocas paleozoicas de la Unidad Metasedimentaria de La Virgen (PZmv) sobre rocas jurásicas de la Formación La Quinta (T3Jq), así como cabalgamientos locales de ésta sobre rocas de la Formación Río Negro (K1r).

**6.1.3. Falla Río Maracas.** La falla tiene una dirección preferencial N20°-45°E, y recibe su nombre por controlar en la parte montañosa el río maracas. Esta estructura presenta rasgos morfológicos distintivos: drenajes rectilíneos y deflectados, silletas y escarpes pronunciados en las unidades cretácicas de las formaciones Río Negro, La Luna y el grupo cogollo, así como en la Formación La Quinta del Jurásico. Esta estructura corta el eje del anticlinal de Betulía y se interpreta como una estructura de carácter sinistral, con alguna componente vertical.



*Figura 26.* Vista panorámica de la Falla de Perijá, Falla Río Maracas, Falla el Tigre, y la Falla Arenas Blancas. 1 553 890m.N y 1 088 427m.E.

**6.1.4. Falla Yoba.** La falla Yoba es una estructura con dirección NE-SW, que va desde la quebrada Caño Rodrigo hasta el río Maracas. En el camino del sector la Estacion hacia la Comunidad Indígena Santa Rita, se observó un pliegue por prolongación de falla hacia el occidente desplazado por dos estructuras paralelas con dirección NE. Estas estructuras desplazan el bloque oriental hacia el Norte y el bloque occidental baja con respecto al oriental. Esta falla se interpreta como de tipo sinistral, con una componente vertical y genera deformación frágil en la roca.

**6.1.5. Falla San Genaro.** La falla san Genaro es una estructura con dirección N45°E que controla la quebrada San Genaro y va desde la quebrada Roncón hasta el río Maracas. En terrenos de la Comunidad Indígena La Momia, Vereda San Genaro, se observaron estratos verticalizados y muy fracturados de calizas del Grupo Cogollo, por la falla.

**6.1.6. Falla Sokorpa.** La falla Sokorpa es una estructura de dirección N60°W, y tiene unos 11km de largo y va desde el río Maracas hasta la Vereda Sokorpa, prolongándose en territorio de la República Bolivariana de Venezuela, controlando la quebrada pirraya ó Sokorpa. Es una falla de rumbo dextral, causante de la divergencia de buzamientos del Grupo Cogollo y desplazando el Sistemas de Fallas El Tigre y Arenas Blancas, en la vereda Sokorpa.

**6.1.7. Falla Hondina.** La falla Hondina tiene una dirección N60°W y se extiende desde unos 6 km al oriente de Casacará hasta la falla Río Maracas, con una extensión de 800 m, en la vereda Carrizal. Controla estructuralmente la quebrada Hondina y causa el desplazamiento dextral de la Formación Rio Negro y del Grupo Cogollo, con un intenso fracturamiento a lo largo de su traza.

**6.1.8. Falla Canime.** Falla normal de alto ángulo que enfrenta el Miembro Medio con el Miembro Superior de la Formación Los Cuervos, su trazo es rectilíneo de dirección N20°- 30°E, de aproximadamente 3 km, desde cerro Largo hasta el cierre del Anticlinal Loma Corazones. Representa un plano de debilidad que aprovecharon las quebradas Canime y Ojinegro para labrar su curso, sobre éstas pueden observarse brecha de falla, rocanaltamente diaclasada y estructuras miloníticas en carbón y arcillolita.

**6.1.9. Falla Nueva Granada.** Falla con dirección N30-60°E, de alto ángulo y carácter inverso; limita al este con el flanco oriental del Anticlinal Nueva Granada y pone en contacto las rocas de la Formación La Quinta con las rocas paleógenas de la Formación Los Cuervos. Esta falla controla el curso del arroyo Canime hacia su cabecera y se une en el norte a la Falla Perijá.

El Miembro Superior de la Formación Los Cuervos se acuña contra ella, y forma replegamientos, estructuras miloníticas en carbón, gouge y brecha de falla.

**6.1.10. Fallas Los Corazones.** Está ubicada al este de Cerro Largo, y alinea la quebrada Santa Cruz, con una dirección E-W. La falla es evidenciada por plegamientos en los mantos de carbón en el margen izquierdo de la quebrada. La falla es inversa, con un salto de aproximadamente 40 m.

## **6.2. Pliegues**

Los pliegues presentes en la Cuenca del Río Calenturitas hacen parte del gran sinclinorio de La Jagua y forman un bloque estructural definido de dirección N-NE y un gran anticlinorio, en la Serranía del Perijá. El área está constituida por una sucesión de pliegues observables en rocas paleógenas y neógenas, y en la Serranía del Perijá, algunos de ellos están limitados por fallas y siguen una dirección NE-SW; como el Sinclinal de La Loma, Anticlinal de Tucuy, Sinclinal de Los Venados, Anticlinal de La Estancia, Anticlinal Becerril, Sinclinal de Buenavista, Anticlinal de Paraíso, Sinclinal de La Jagua, Anticlinal de La Jagua, Sinclinal Ojinegro, Anticlinal Nueva Granada, Monoclinal de Cerro Largo, de oeste a este. En la parte sur se observa el Anticlinal Arenas Blancas que conserva la misma dirección NE-SW. En un sentido amplio, se considera a la Serranía del Perijá como un anticlinorio cuyo núcleo está formado por rocas paleozoicas y sus flancos por Metasedimentitas rojas mesozicas y rocas cretácicas (Arias & Morales, 1994). Muchas de las estructuras anteriormente nombradas se determinaron en el área oeste de la zona montañosa a partir de estudios geofísicos y registros de pozos. Además, existen plegamientos a

escala de afloramiento asociados a fallas locales, ellos son de tipo concéntrico, simétricos - asimétricos, abiertos y cerrados, armónicos de charnelas circulares, y convolutos.

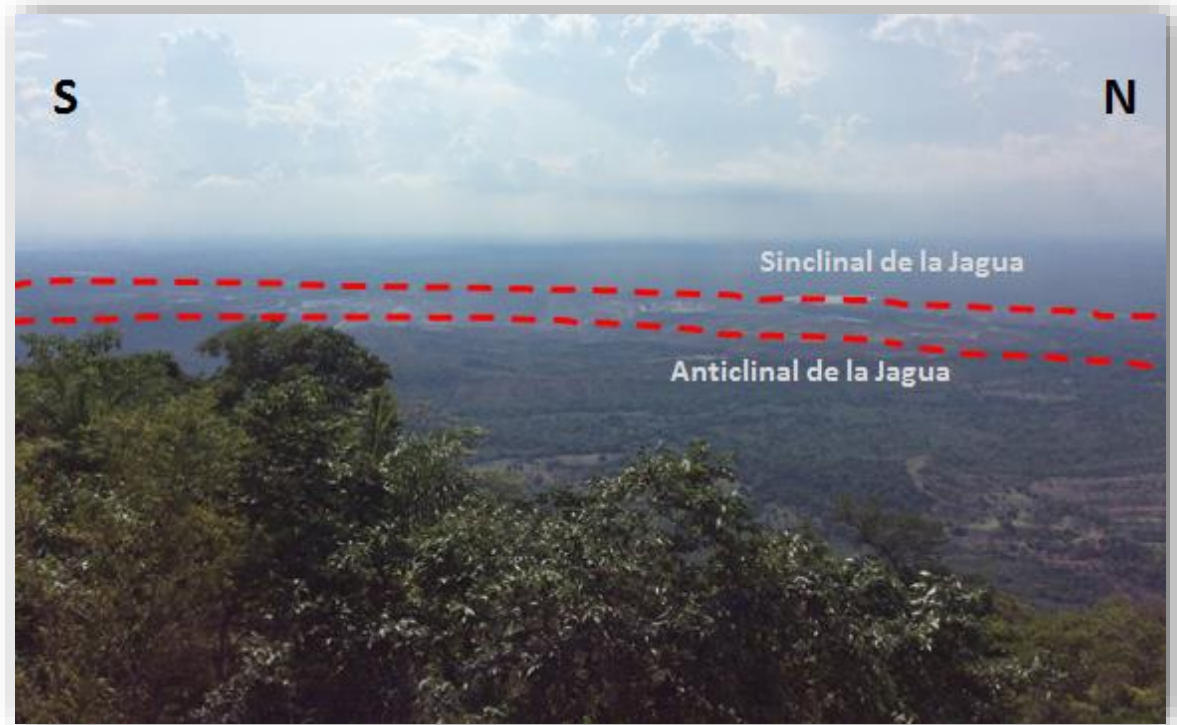
**6.2.1. Sinclinal La Loma y Anticlinal de Tucuy.** Presentan una dirección NE-SW, afectan la secuencia de areniscas de grano grueso y conglomerados de la Formación Cuesta y las rocas de la Formación Los Cuervos; los flancos presentan inclinaciones entre 13° y 18° sin embargo, los buzamientos en las explotaciones alcanzan hasta los 35° en el cierre del sinclinal; en esta área se encuentran explotaciones carboníferas importantes. La unidad litológica continúa al oriente y forma el Anticlinal de Tucuy cuya dirección es la misma que la del sinclinal.

**6.2.2. Sinclinal Los Venados, Anticlinal de La Estancia, Anticlinal de Becerril.** Es una sucesión de pliegues ubicados inmediatamente al este de las estructuras anteriormente descritas y hacen parte del sinclinorio del lado oeste de la plancha. Son estructuras identificadas en subsuelo, por medio de estudios geofísicos. Presentan una dirección NE-SW. Afectan rocas neógenas, paleógenas y cretácicas. La evidencia en superficie es un cambio de dirección en las disposiciones de las rocas de la Formación La Luna que afloran en la región de La Estancia. El Anticlinal de Becerril se prolonga hacia el norte cerca al municipio de Becerril.

**6.2.3. Sinclinal Buenavista, Anticlinal Paraíso.** Son estructuras menores, también determinadas en el subsuelo, afectan rocas neógenas, paleógenas y cretácicas. Conservan la misma dirección que las estructuras mayores. Su extensión y prolongación es menor y su interés podría ser determinado en caso de afectar los sectores carboníferos de la Formación Los Cuervos. El sinclinal es amplio, y contrasta con lo estrecho del anticlinal.

**6.2.4. Sinclinal de La Jagua.** Se encuentra al NE del Municipio de La Jagua de Ibirico, aproximadamente a 5 km. Presenta forma ovoide, alargada hacia el norte, es ligeramente asimétrico, con un eje mayor de aproximadamente 10,4 km y más de 4 km de ancho. Hacia el sur, la estructura es amplia y se cierra al norte con un cabeceo al W. La dirección del eje es N55oE (+10°). El sinclinal afecta rocas de la Formación Los Cuervos. Es un sinclinal abierto con un buzamiento en sus dos flancos entre 10° y 35°.

**6.2.5. Anticlinal de La Jagua.** Estructura asimétrica ubicada al este de La Jagua de Ibirico, afecta principalmente rocas del Miembro Medio de la Formación Los Cuervos. El eje presenta una dirección de N25oE (+10°) con un plunge de 3° hacia el N. En el flanco oriental, las capas buzán entre 35-45° y en el flanco occidental 15-35°. Constituye el rasgo morfológico más prominente dentro del área, el alto topográfico conocido como la Loma Corazones. Se encuentra fallado en su flanco oriental.



*Figura 27.* Vista panorámica del Sinclinal y el Anticlinal de la Jagua. 1 549 144m.N y 1 093 113m.E.

**6.2.6. Sinclinal Ojinegro.** Sinclinal asimétrico al noroccidente de la Loma Corazones de dirección N20°E (+20°); de aproximadamente 1,50 km, fallado sobre el límite occidental y continuo hacia el este. Altamente erosionado por manifestarse sobre las rocas del Miembro Superior de la Formación Los cuervos, su cierre se ubica hacia el N. Conforman una cuenca de captación cuyo drenaje principal es la Quebrada Ojinegro. Los buzamientos del flanco W oscilan entre 15-25° y los del flanco E son de aproximadamente 20-30°.

**6.2.7. Sinclinal y Anticlinal Marimonda.** Están localizados entre las quebrada Rodrigo y Socomba con una dirección del eje axial de 40°E. Presentan una longitud aproximada de 4,0 km y afectan el Grupo Cogollo.

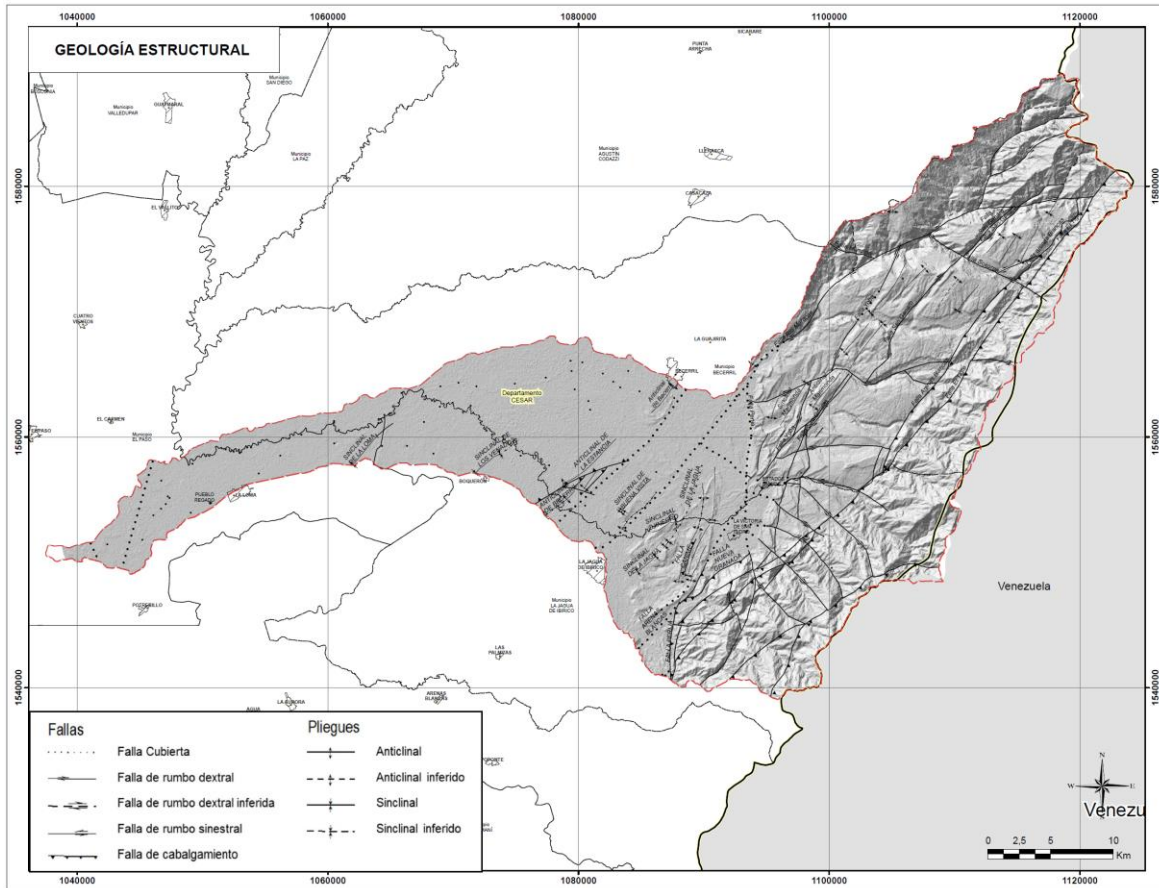


Figura 28. Mapa de Geología Estructural de la Cuenca del Río Calenturitas.

## 7. Geomorfología

La necesidad de incorporar el conocimiento de las amenazas naturales dentro de los Planes de Ordenación y Manejo de las Cuencas Hidrográficas, hace del estudio de las formas del terreno y de los paisajes una herramienta indispensable. El presente documento define las características geomorfológicas de la Cuenca del Río Calenturitas, con el fin de contribuir en el proceso de zonificación de las propiedades geomecánicas de los materiales presentes.

El levantamiento geomorfológico estuvo dirigido a caracterizar las formas del terreno, afectado por los procesos morfodinámicos y agentes tanto endógenos como exógenos, que a su vez han modelado los diferentes paisajes geomorfológicos. Para su caracterización se consideran las metodologías de trabajo que desarrollan las entidades del Estado cuya misión es el avance del conocimiento de los suelos (IGAC- Metodología Zinck, 2012), y la evaluación de las amenazas naturales (SGC-metodología Carvajal-2011), cuyo marco de jerarquía difiere ligeramente en los niveles de categorización y conceptualización genérica.

En la Cuenca del Río Calenturitas se han diferenciado unidades de cuatro principales ambientes morfogenéticos a saber: Ambiente Estructural, Ambiente Denudativo, Ambiente Fluvial y Lagunar, y Ambiente Antropogénico. Las unidades enmarcadas en cada uno de los ambientes se caracterizaron por morfografía, morfometría, morfodinámica, morfocronología, entre otras propiedades, cartografiadas a escala 1:25.000.

### **7.1. Metodología**

En el estudio de las formas del terreno, es indispensable la utilización de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), las imágenes satelitales, y el Modelo Digital del Terreno (MDT) elabora, con el que se calculan otros factores como lo son las pendientes del terreno, el modelo de sombras, entre otros; con el fin de determinar por medio de interpretación, los tipos de materiales involucrados, los procesos morfodinámicos, y las formas predominantes del terreno. Para su caracterización se consideraron las metodologías de trabajo que desarrollan las entidades del Estado cuya misión es el avance del conocimiento de los suelos (IGAC- Metodología Zinck,

2012), y la evaluación de las amenazas naturales (SGC-metodología Carvajal-2011), cuyo marco de jerarquía difiere ligeramente en los niveles de categorización y conceptualización genérica.

A continuación se enlistan algunos de los insumos utilizados para la caracterización geomorfológica de la Cuenca del Río Calenturitas.

Software utilizado:

- ArcMap 10.3.1
- ArcCatalog 10.3.1
- ArcScene 10.3.1
- ArcToolbox 10.3.1
- SAGA GIS

Herramientas utilizadas:

- Planchas Geológicas (1:100.000): 40, 41, 47,48, (SGC).
- Planchas Cartográficas (IGAC), 1:25.000.
- Imágenes Satelitales: LandSat, QuickBird, Rapideye, Bing Maps, Google,

ArcGIS.Imagery.

- Modelo Digital del Terreno (MDT): (8.0 x 8.0 m por Pixel).
- Modelo de Sombras - Mapa de pendientes.
- Modelos SAGA GIS: Landforms, Vertical Distance Channel, Relative Slope Position,

Flow Accumulation, Aspect, entre otros.

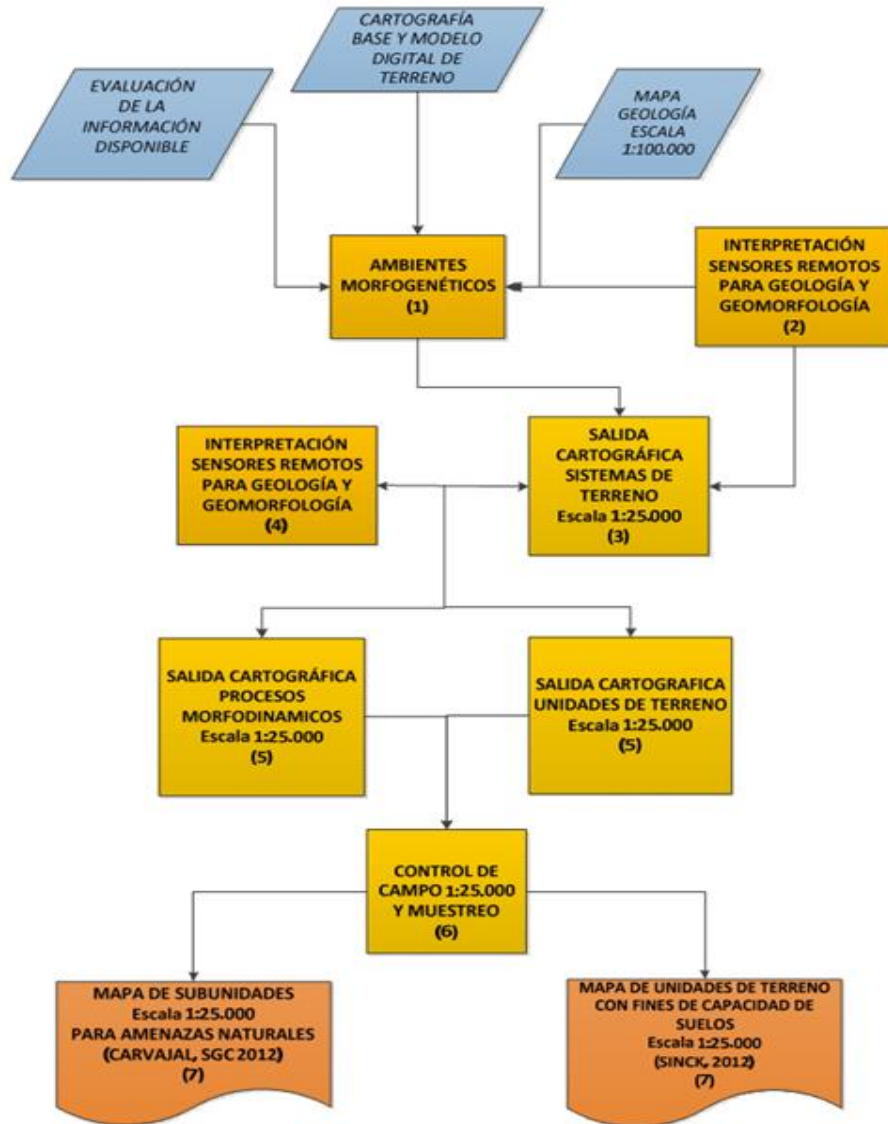


Figura 29. Esquema metodológico para la obtención de unidades y subunidades del terreno 1:25.000.

Fuente: Fondo Adaptación, (2014) Protocolo para la incorporación de la gestión del riesgo en los POMCA de acuerdo con los alcances técnicos del proyecto,

Las formas del terreno se especifican y clasifican desde un punto de vista morfo genético.

## 7.2. Geomorfología de la cuenca río calenturitas (SGC-metodología Carvajal-2011)

### 1. Características geomorfológicas regionales

La Cuenca del Río Calenturitas se encuentra ubicada morfológicamente en la geomorfoestructura correspondiente al sistema orogénico Andino, el cual limita hacia el suroeste con el escudo de la Guayana. A través de su historia geológica el sistema montañoso orogénico andino ha sufrido y debe su conformación a procesos de acumulación y levantamientos orogénicos y epirogénicos, con plegamientos asociados localmente con fuerte metamorfismo e intrusiones graníticas que han determinado a través de su historia desde el Paleozoico la forma tridente del relieve actual.

El sistema orogénico Andino está conformado a su vez por las provincias geomorfológicas de la Cordillera Occidental, la Cordillera Central y la Cordillera Oriental separados geomorfológicamente por las provincias de los valles interandino Cauca – Patía y Magdalena, respectivamente (CARVAJAL, 2003, y MENDIVELSO 2009). A continuación se muestra el esquema de jerarquización geomorfológica propuesto para el estudio dentro de la Cuenca.

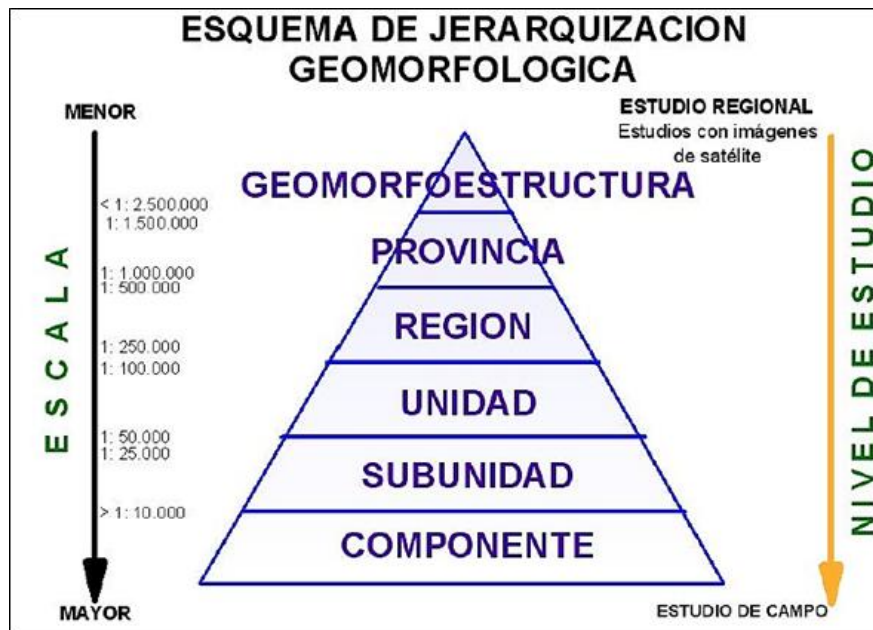


Figura 30. Esquema de jerarquización geomorfológica.

## 2. Geomorfoestructura

Se refiere a grandes áreas geográficas o amplios espacios continentales o intracontinentales caracterizados y definidos por estructuras geológicas y topográficas regionales que han tenido deformación o basculamiento, posiblemente metamorfismo o intrusión ígnea (Megageoformas de origen tectónico). Se consideran como geomorfoestructuras: Los escudos, los bloques de origen continental (Plateaus Orogénicos ó Epirogénicos), grandes cuencas de sedimentación, cuencas intracratónicas y Rift Valleys, plataformas y cinturones orogénicos. Corresponde según Velásquez (1999) a escalas de trabajo menores de 1:2.500.000. La Cuenca del Río Calenturitas hace parte de las geomorfoestructuras, Orogénico Andino y Orogénico Costero.

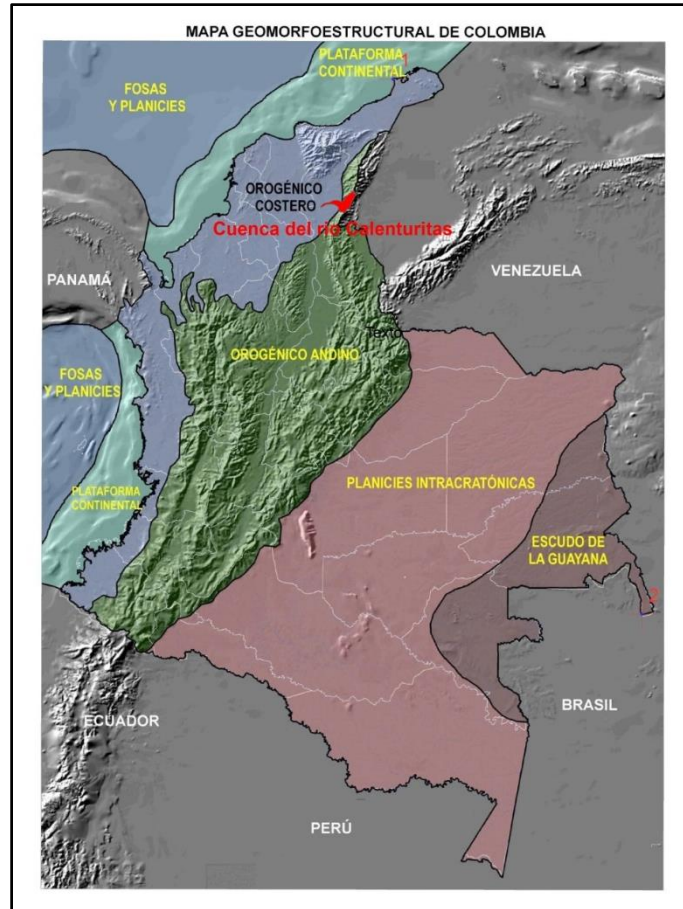
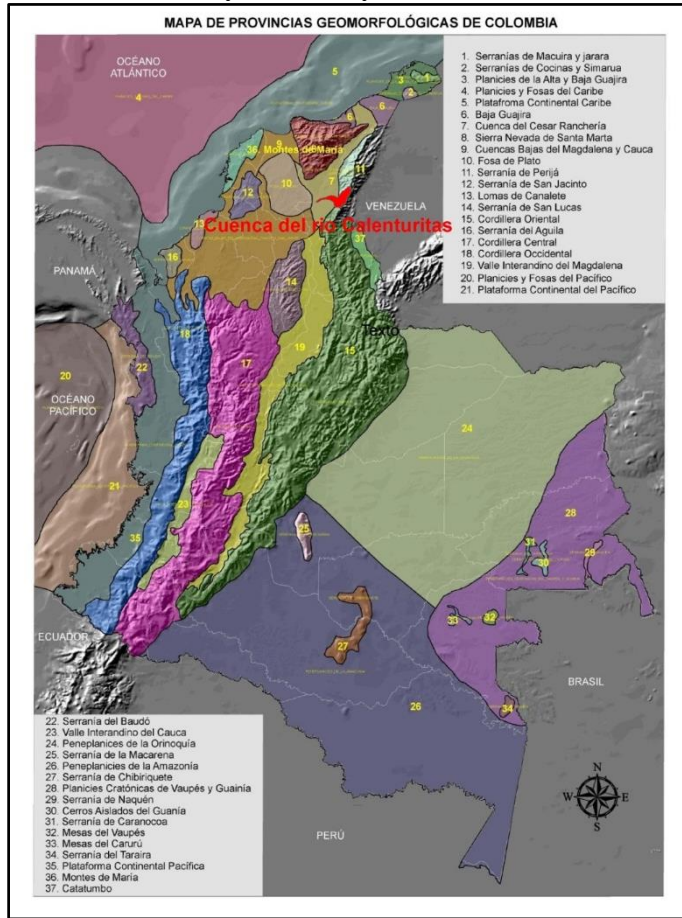


Figura 31. Mapa geomorfoestructural de Colombia, el área de color rojo es la delimitación de la Cuenca del Río Calenturitas.

### 3. Provincia Geomorfológica

Corresponde a un conjunto de regiones con geformas parecidas y definidas por un macro relieve y una génesis geológica similar. Localmente se relacionan con las regiones naturales y con los terrenos geológicos de Colombia los cuales están delimitados por el trazo de megafacturas y suturas definidas o inferidas (INGEOMINAS 1999, Velásquez 1999, Irving

1971, Etayo y otros (1986, Villota (1997). Ver



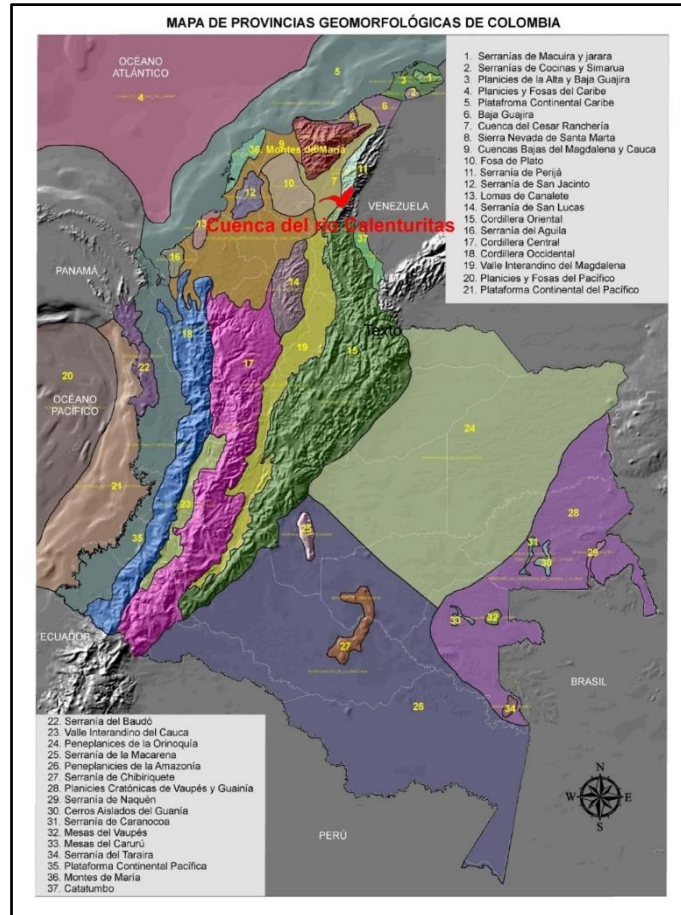


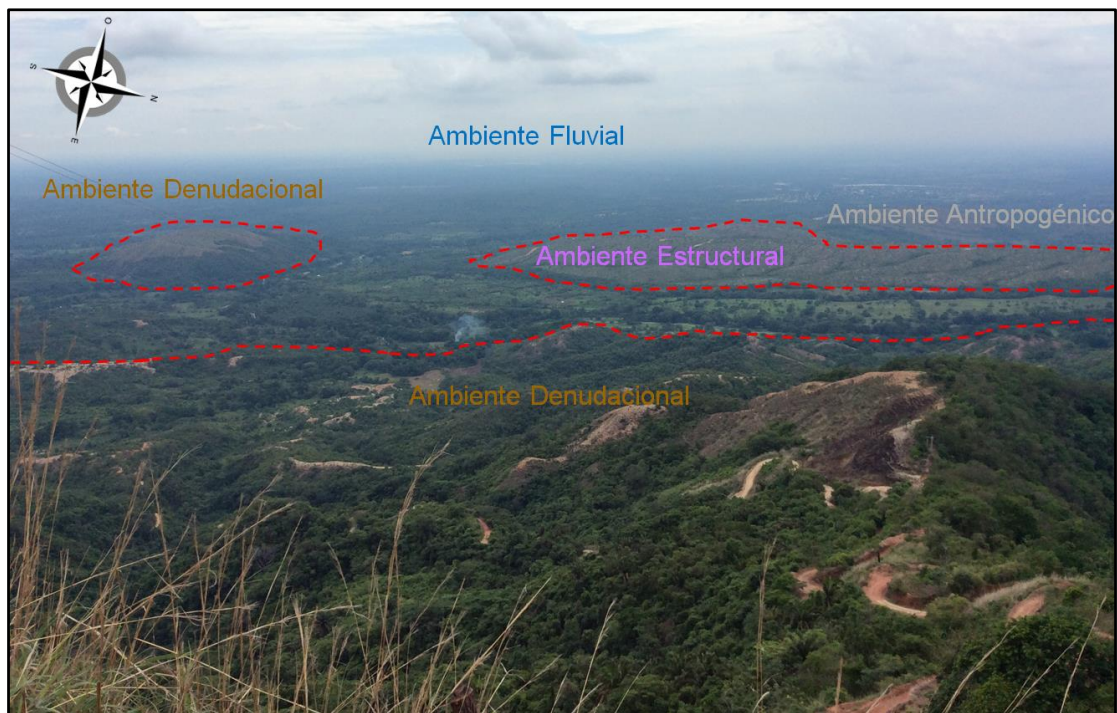
Figura 32. Mapa de provincias geomorfológicas de Colombia, el área de color rojo es la delimitación de la Cuenca del Río Calenturitas.

El nombre propuesto para la Provincia Geomorfológica es compuesto y consiste de un término morfológico de macro relieve, combinado con un nombre geográfico definido por el nombre del terreno geológico o región natural respectiva.

La Cuenca del Río Calenturitas hace parte de las provincias geomorfológicas de la Serranía de Perijá y la Cuenca del Cesar-Ranchería, que como se indicó previamente tiene su propia historia asociada con eventos de acumulación de sedimentos en cuencas inicialmente distensivas y subsidentes, afectadas luego por eventos compresivos que invirtieron el movimiento de las fallas ancestrales controlados al menos en parte en sus inicios por procesos diapíricos.

#### 4. Regiones

Las Regiones hacen alusión a los Ambientes Morfogenéticos que predominan en la Cuenca del Río Calenturitas. Involucra a las geoformas relacionadas a la génesis de los paisajes, y definidas por un marco de ambiente morfogenético definido y afectados por procesos dinámicos parecidos. Aquí se pueden agrupar áreas equivalentes a vertientes que estén contenidas dentro de una provincia geomorfológica y que representen un ambiente morfogenético particular con condiciones climáticas homogéneas: Eólico, lacustre, fluvial, volcánico, glaciar, denudativo, marino y costero, kárstico, estructural, estructural denudativo y antropogénico.



*Figura 33.* Vista SW de la Cuenca del Río Calenturitas, en donde se aprecian los ambientes morfogenéticos predominantes de origen: fluvial, denudacional, estructural, y antropogénico.

Debido a los procesos tectónicos y morfoestructurales que han modelado la actual Cuenca del Río Calenturitas, se encuentran grandes pliegues limitados por fallas de cabalgamiento y de rumbo, lo que junto con los agentes exógenos han dado origen a geoformas denudacionales.

Hacia el oeste de la Cuenca del Río Calenturitas, predomina un ambiente fluvial, controlado por los ríos Tucuy, Maracas, Sororia, y finalmente Calenturitas y sus demás tributarios, que han dejado a su paso una extensa llanura aluvial, en la que también afloran rocas de las formaciones, Los Cuervos, Cuesta, La Luna, Molino, entre otras, y sobre las que se encuentra la minería a cielo abierto de explotación de Carbón, que da origen a las principales geoformas de origen antrópico.

#### 5. Unidades y Subunidades Geomorfológicas De La Cuenca Del Río Calenturitas

De la Cuenca del Río Calenturitas se identificaron Unidades y Subunidades de los ambientes morfogenéticos: Morfoestructural, denudativo, fluvial, y antropogénico. Estas unidades y subunidades se definieron con base en criterios genéticos, morfológicos, geométricos, y en función de los procesos geomorfológicos específicos, ya sea de carácter erosivo o de acumulación; para la delimitación de las geoformas se utilizaron imágenes satelitales y el modelo digital del terreno, las cuales evidenciaban todos los parámetros previamente mencionados y mapa de procesos morfodinámicos

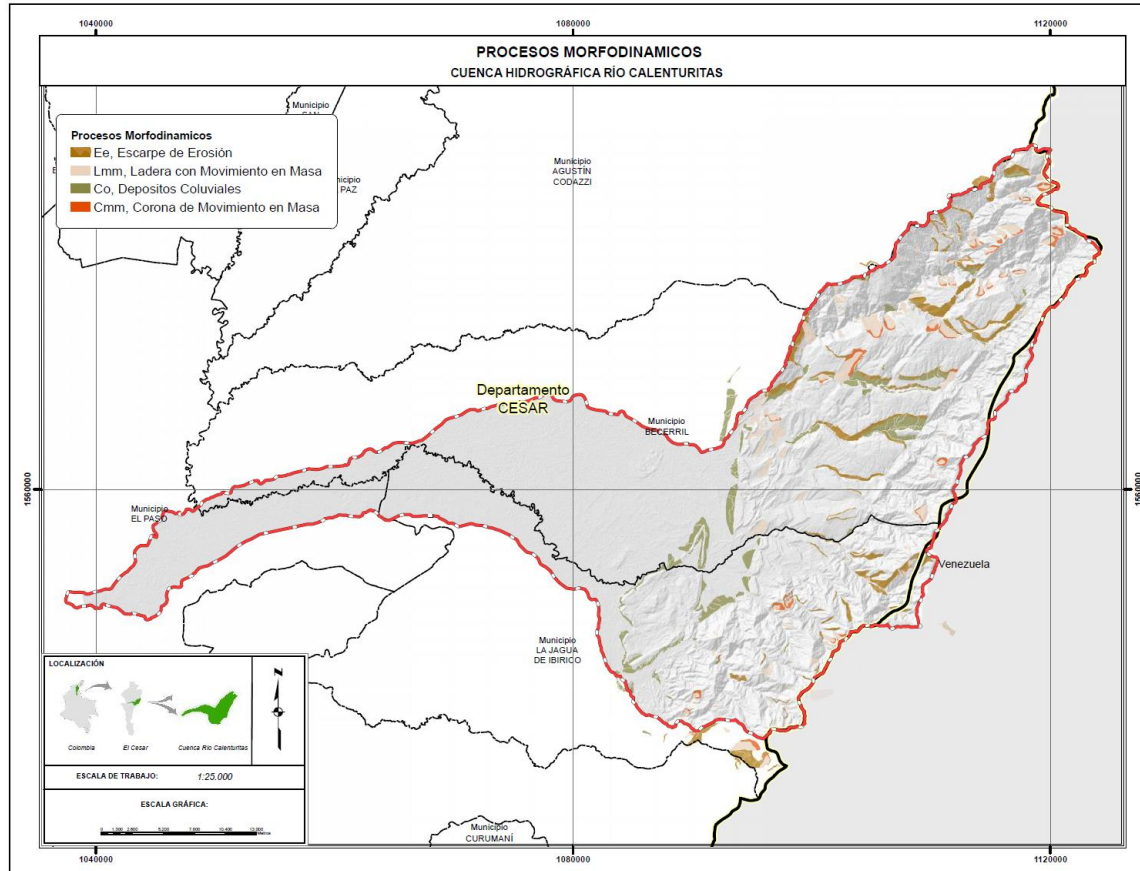


Figura 34. Mapa de procesos morfodinámicos de la Cuenca del Rio Calenturitas.

Tabla 1. Clasificación de unidades geomorfológicas según su origen.

Origen principal	Ejemplos de formas con un origen específico
<b>FLUVIAL</b> (Erosión Fluvial y Sedimentación)	Geoformas de acumulación y complejas planicies aluviales, transicionales y erosionales.
<b>LACUSTRE</b> (Erosión Lagunar y Sedimentación)	Geoformas producto de niveles de agua alta (Terrazas), fondos de lagos. (Evaporitas/Playa, no Evaporitas)
<b>MARINO</b> (Erosión Marina y Sedimentación)	Geoformas de ambientes de alta energía, (materiales de grano grueso); de ambientes de baja energía (materiales de grano fino); y asociadas a complejos levantamientos.
<b>VOLCÁNICO</b> (Actividad Volcánica)	Geoformas de conos, cráteres, escarpes volcánicos, flujos de lava y labradas en materiales piroclásticos.
<b>DENUDACIONAL</b> (Meteorización, desgaste de	Geoformas asociadas a desgaste, efectos litológicos no mayores. Geoformas influenciadas por la litología y erosión fluvial linear asociadas con procesos denudativos específicos (desgaste de masas).

Origen principal	Ejemplos de formas con un origen específico
<b>masa, Erosión Linear)</b>	
<b>ESTRUCTURAL (Fallamiento)</b>	Geoformas asociadas con las capas de roca estratificadas o estructuralmente controladas, relacionadas con plegamientos, fallamiento y levantamiento.
<b>ESTRUCTURAL-DENUDACIONAL</b>	Asociaciones denudacionales y estructurales.
<b>KÁRSTICO (Solución y Redeposición)</b>	Geoformas positivas (Colinas), negativas (Depresiones), estructurales y otras (Complejos).
<b>EÓLICO (Erosión por el Viento y Sedimentación)</b>	Geoformas de acumulación (Activas/No activas), y de deflación.
<b>GLACIAL (Erosión y Sedimentación)</b>	Geoformas erosionales predominantemente de glaciación continental, y glaciación de montañas y de acumulación (predominantemente morrenas, hielo, y lomos)
<b>ANTROPOGÉNICO</b>	Aquellas formas del relieve que son el producto de modificaciones causadas por intervención del hombre.

Fuente: INGEOMINAS (2007). Zonificación de amenazas por movimientos de remoción en masa de algunas laderas de los municipios de Bucaramanga, Floridablanca y Girón. Capítulo de geomorfología. Geo-amenazas. Ingeominas. Bogotá

❖ Geoformas de origen morfoestructural (S)

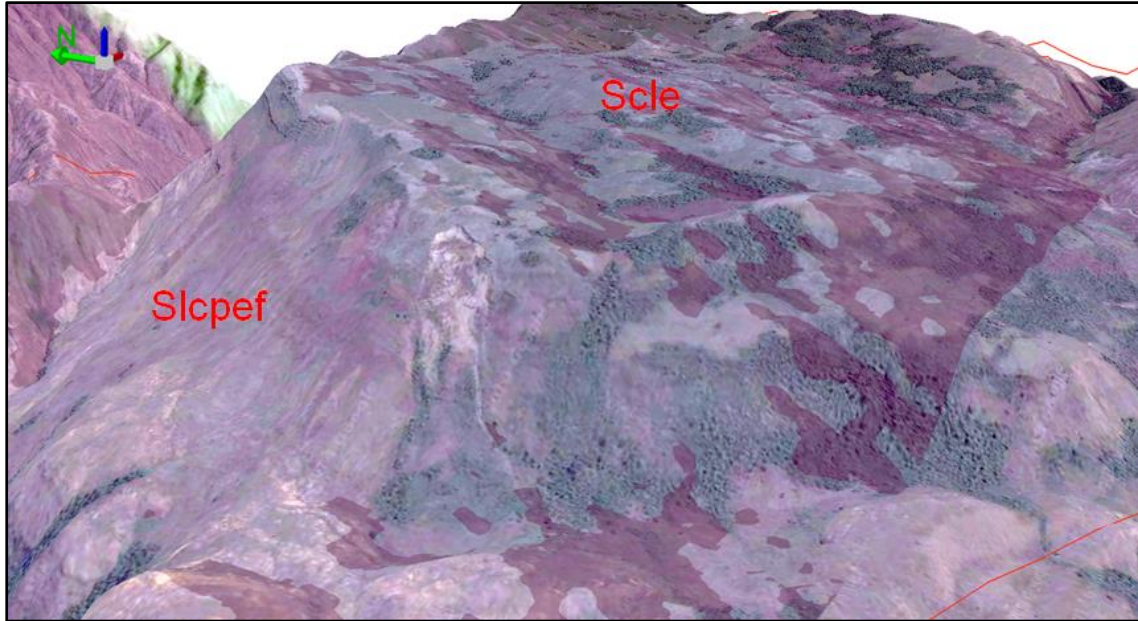
Corresponde a las geoformas cuya expresión morfológica está definida por la litología y la disposición estructural de las rocas aflorantes en la Cuenca del Río Calenturitas, en donde predominan las laderas estructurales (Scl<sub>e</sub>) y las facetas triangulares (Sft), todas estas afectadas por procesos erosivos, y se caracterizan por su relieve debido a la fuerte actividad tectónica, de pendientes variables desde suavemente inclinadas hasta escarpadas. Debido a los fuertes procesos tectónicos sufridos por la Cuenca del Río Calenturitas, y su litología principalmente sedimentaria, hacia la parte este de la Cuenca del Río Calenturitas se han originado gran número de pliegues, sinclinales, anticlinales y fallas, dirección N-NE, a diferencia de la parte occidental

en donde predomina la llanura de inundación, donde la mayoría de las estructuras han sido erosionadas, dejando peneplanicies.

Entre las Unidades y Subunidades geomorfológicas se presentan:

- Laderas estructurales de cuestras, residuales (Scle)

La Cuenca del Río Calenturitas presenta laderas estructurales de Cuestras (Scle) definidas por estratos inclinados en favor de la pendiente del terreno, son de longitud corta a larga, predominan las laderas estructurales suavemente inclinadas ( $10^{\circ}$  -  $20^{\circ}$ ), de formas rectas a cóncavas y pendientes muy inclinadas a abruptas. Las laderas de contrapendiente (Slcp) están definidas por estratos inclinados en contra de la pendiente del terreno, de longitudes cortas a moderadamente largas, de formas convexas a irregulares escalonadas con pendientes abruptas a escarpadas. Están constituidas de Intercalaciones de rocas blandas a intermedias que definen un drenaje subparalelo denso de formas convexas o rectas y escarpadas; se reconocieron laderas de contrapendientes asociadas a escarpes de falla (Slcpef). En las laderas estructurales se presentan rocas blandas a intermedias con suelos residuales gruesos, donde se desarrolla un drenaje dendrítico subparalelo poco denso y procesos de carcavamiento y reptación local.



*Figura 35.* Vista hacia el noreste de la Cuenca del Río Calenturitas, en donde se aprecian cuestas o laderas estructurales suavemente inclinadas y laderas de contrapendiente asociadas a escarpe de falla (Vista 3D, de imágenes satelitales en ArcScene 10.3.1).

- Facetas triangulares (Sft)

Superficie abrupta, recta con una base amplia y angosta hacia arriba, cuyo origen se debe al truncamiento y desplazamiento de espolones estructurales por procesos de fallamiento. Se encuentran principalmente localizadas hacia el sector de piedemonte cerca del casco urbano del municipio de la Jagua de Ibirico, y el corregimiento Estados Unidos. Presentan una morfología recta, y de pendiente moderada a abrupta, su origen está asociado a las fallas regionales y los procesos denudativos.

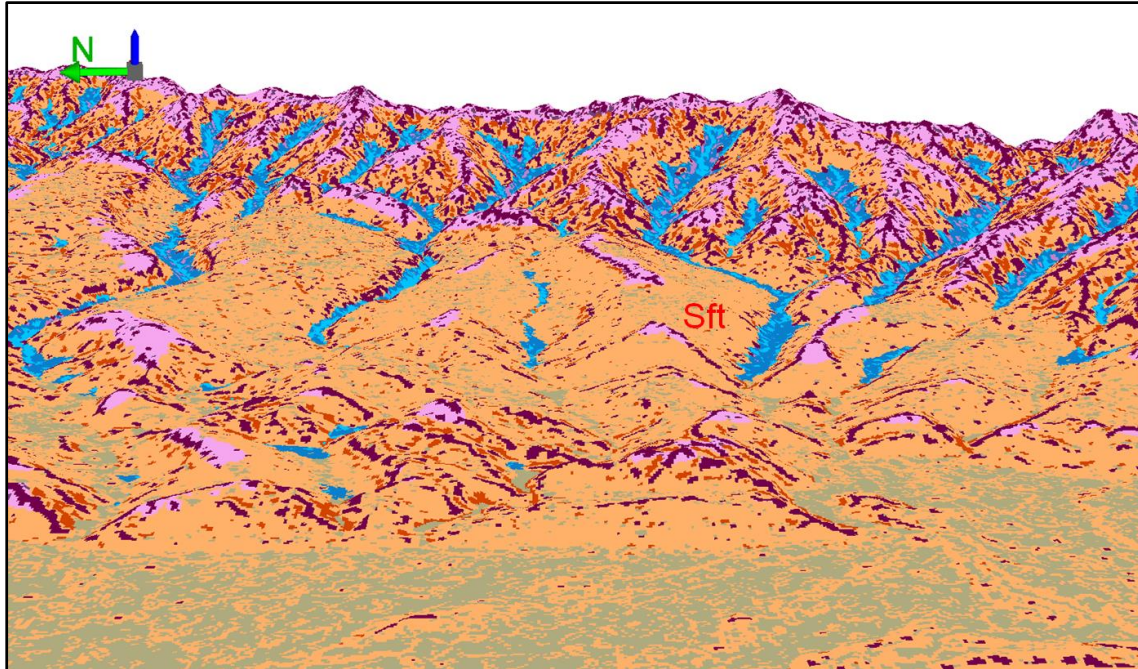


Figura 36. Vista al Este de la Cuenca del Río Calenturitas, en donde se observan facetas triangulares (Landforms, procesamiento software SAGA Gis)

- Silleta de falla (Ssf)

Son geoformas relacionadas a quiebres de pendiente que presentan forma de cabalgadura o montura, situados en una cresta o interfluvio, resultado del desplazamiento vertical o subvertical de planos de falla. Se reconocen en la parte media y alta de la Cuenca del Río Calenturitas con direcciones de sus ejes perpendiculares al trazo de falla.

- Cerros aislados (Sca)

Prominencia topográfica aislada de morfología montañosa o colinada, con laderas de longitud corta a moderadamente larga, de forma cóncava o irregular, poco disectadas, con de pendientes muy abruptas a escarpadas, las cuales han sido parcialmente aisladas de las zonas montañosas por fallamiento. Poco susceptible a procesos de movimientos en masa.

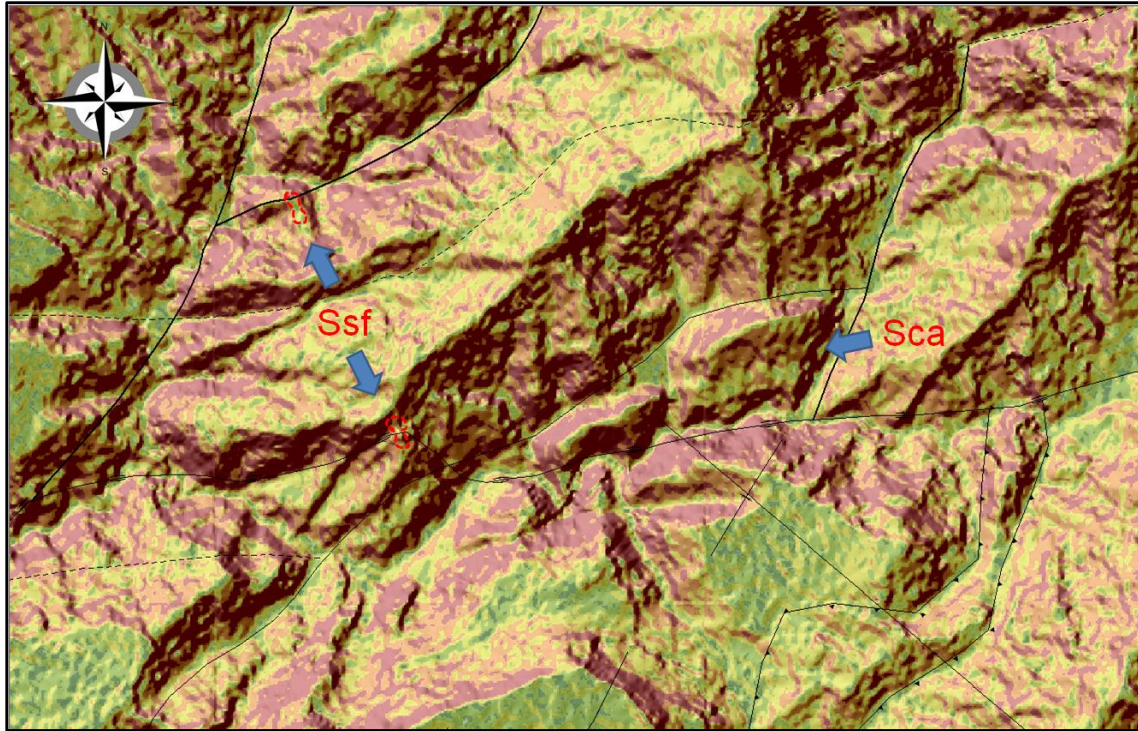


Figura 37. Vista al Noreste de la Cuenca del Río Calenturitas, en donde se observan cerros aislados (Sca) por fallas de rumbo e inversas, y silletas de falla (Ssf), (Vista en planta, del modelo de pendientes, en ArcMap 10.3.1).

❖ Geformas de origen denudativo (D)

Dentro de las geformas asociadas a los procesos denudativos exógenos se incluyen las geformas cuya expresión morfológica está definida por la acción combinada de procesos moderados a intensos de meteorización, erosión y transporte de origen gravitacional y pluvial que han remodelado y dejado remanentes de las geformas morfoestructurales preexistentes y además crean nuevas geformas por acumulación de sedimentos. Dentro de la Cuenca del Río Calenturitas estas geformas se distribuyen ampliamente casi por la totalidad de las formaciones, sin embargo, son características en las rocas sedimentarias de la Formación la Luna, Río Negro y Cogollo. Su origen obedece a los procesos de plegamiento y deformación intensa, durante la Formación de las sierras homoclinales y la afectación posterior por procesos de meteorización y

de denudación diferenciales intensos que generaron la Formación local de suelos residuales y conos coluviales con los que generalmente se asocian.

Morfológicamente presentan estas características generales:

❖ Escarpes (De)

Estas geoformas en la Cuenca del Río Calenturitas corresponden a taludes verticales a subverticales o escalonados de formas rectas a irregulares, los cuales forman parte de la superficie de rotura, en la mayoría de los casos exponiendo rocas frescas, meteorizadas. La altura de los escarpes puede alcanzar decenas de metros, y predomina en rocas sedimentarias duras a intermedias. Los escarpes dentro de la Cuenca del Río Calenturitas se subdividen en escarpes de erosión menor (Deeme), corresponde a laderas abruptas o a desplomes de longitud corta a larga, de forma cóncavo convexa y eventualmente recta, con pendiente escarpada a muy escarpada, originado por socavación fluvial lateral o por procesos de erosión y movimientos en masa remanentes a lo largo de un drenaje, el escarpe de erosión mayor (Deem), corresponde a Laderas abruptas o a desplomes, de altura variable (con alturas mayores de 20 metros), que puede formarse por distintas causas: tectónicas, por la abrasión (erosión fluvial y marina), por procesos gravitacionales.

• Lóbulos coluviales (Dco)

Geoforma en forma de cono o lóbulos de longitudes cortas a largas, de formas convexas e inclinaciones suaves a abruptas. Se originan respectivamente por acumulación de materiales sobre las laderas tanto por procesos de escorrentía superficial como por flujo lento y viscoso de suelo saturado y no saturado. Se constituyen de bloques angulares a subangulares de diferentes tamaños embebidos en material arcilloso-limoso.

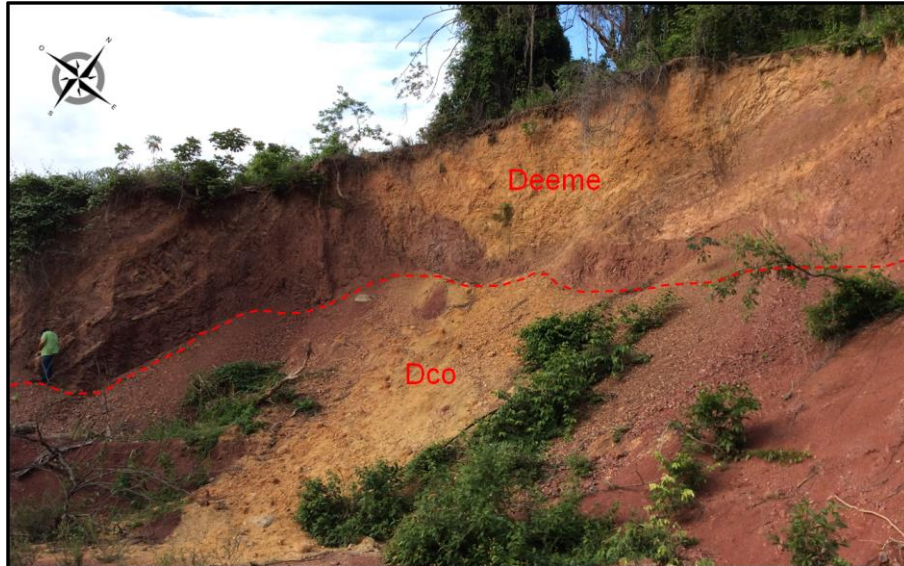


Figura 38. Vista al noroeste de la Cuenca del Río Calenturitas, en la que se aprecia un depósito coluvial (Dco), al pie de un escarpe de erosión menor (Deeme), en limolitas de la Formación La Quinta.

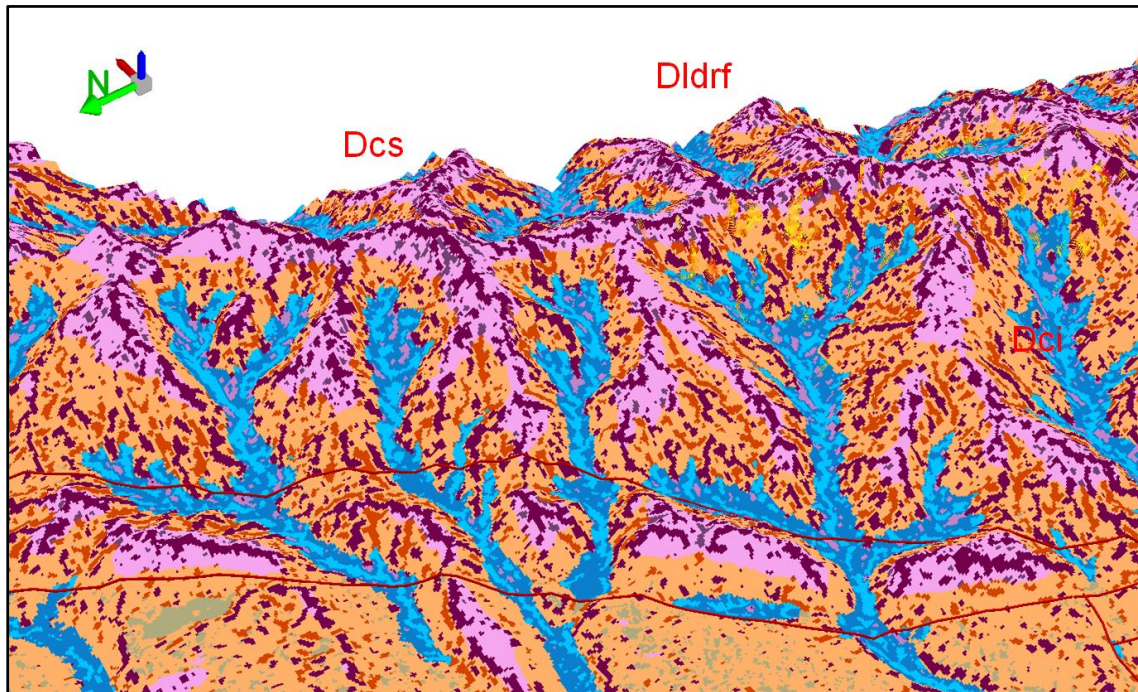
- Laderas disectadas de rampa frontal (Dldrf)

Son geoformas asociadas a los fuertes procesos tectónicos que se presentan en la Cuenca del Río Calenturitas, y de toda la Serranía del Perijá, y se dan a lo largo de la Formación metasedimentaria de La Virgen, y asociadas a fallas de cabalgamiento. Debido a su litología, fuertes pendientes, y exposición a los agentes erosivos.

- Crestas subhorizontales, e inclinadas (Dc)

Se presentan como franjas alargadas asociadas a divisorias de aguas de las microcuencas, de morfología alomada y alargadas, de pendientes planas a levemente inclinadas, que presentan terminación en forma de cimas semi redondeadas a convexa e incluso planas con anchos variables, limitadas por vertientes cuya inclinación puede ser moderada a escarpada (Dcs). Y las crestas inclinadas (Dci), al igual que las crestas subhorizontales se presentan como franjas alargadas asociadas a divisorias de aguas de las microcuencas, de morfología alomada y alargadas, con pendientes medias a inclinadas y que presentan terminaciones de cimas agudas,

semi redondeadas a convexa, limitadas por vertientes cuya inclinación puede ser moderada a escarpada.



*Figura 39.* Vista al sureste de la Cuenca del Río Calenturitas en la que se aprecian crestas subhorizontales (Dcs) e inclinadas (Dci), y laderas disectadas de rampa frontal (Dldrf), en rocas de la Formación La Virgen (PZmv), (Landforms, procesamiento software SAGA GIS).

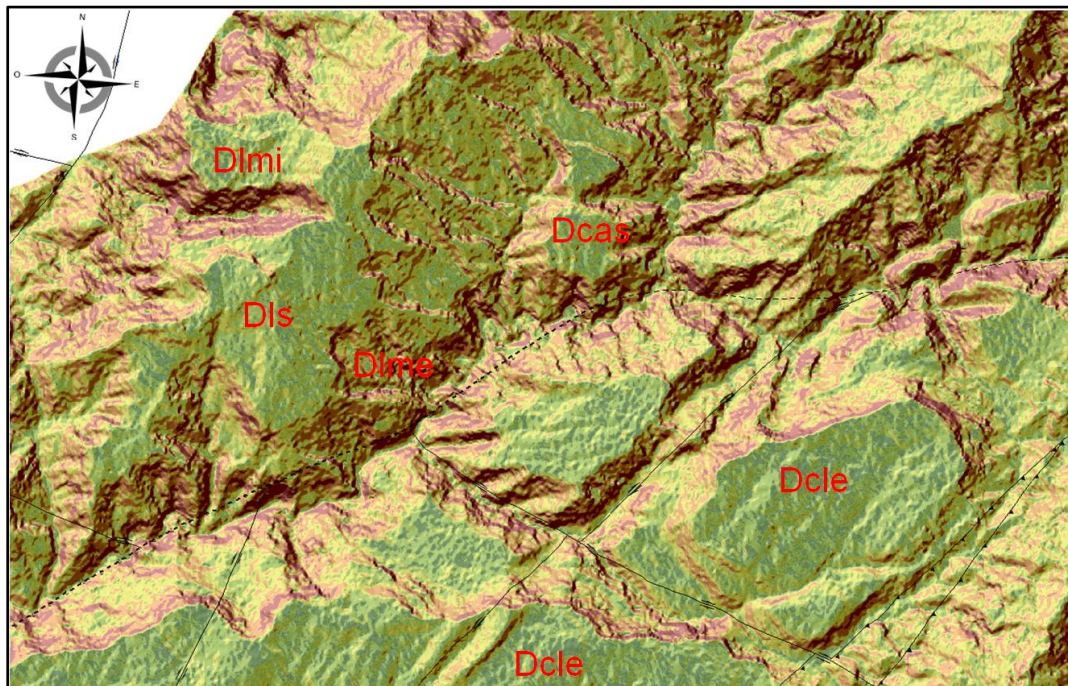
- Laderas estructurales denudadas y residuales (DI)

Este tipo de geformas están asociadas a los procesos denudativos como la erosión y meteorización de la roca en superficie, localizadas hacia el noreste de la Cuenca del Río Calenturitas, son de morfología alomada con la inclinación de los estratos en favor de la pendiente del terreno, son de longitud corta a larga, de forma cóncava y con pendientes suaves a escarpadas. El origen está asociado con procesos de disección en rocas blandas a intermedias con desarrollo de suelos residuales y coluviales gruesos. Dentro de las que se encuentran laderas suaves (Dls), definidas por una inclinación suave ( $10^\circ$  y  $25^\circ$ ) de formas onduladas, moderadas

irregulares (**Dlmi**), y moderadas a escarpadas (Dlme), Laderas alargadas definidas por una inclinación fuertes a muy fuertes (> de 35°).

- Cimas amplias suavemente inclinadas (Dcas)

Constituido por formas con pendientes relativamente suaves a suavemente inclinadas, con alto grado de disección, en las cimas de las montañas, delimitadas por laderas irregulares (Dlmi), y moderadas a escarpadas (Dlme), de longitud corta.



*Figura 40.* Vista hacia el norte de la Cuenca del Río Calenturitas, en la que se aprecia cimas amplias suavemente inclinadas (Dcas), laderas suaves (Dls), laderas moderadas a escarpadas (Dlme), laderas moderadas irregulares (Dlmi), y cuestas (Dcle), (Vista en planta, del modelo de pendientes, en ArcMap 10.3.1).

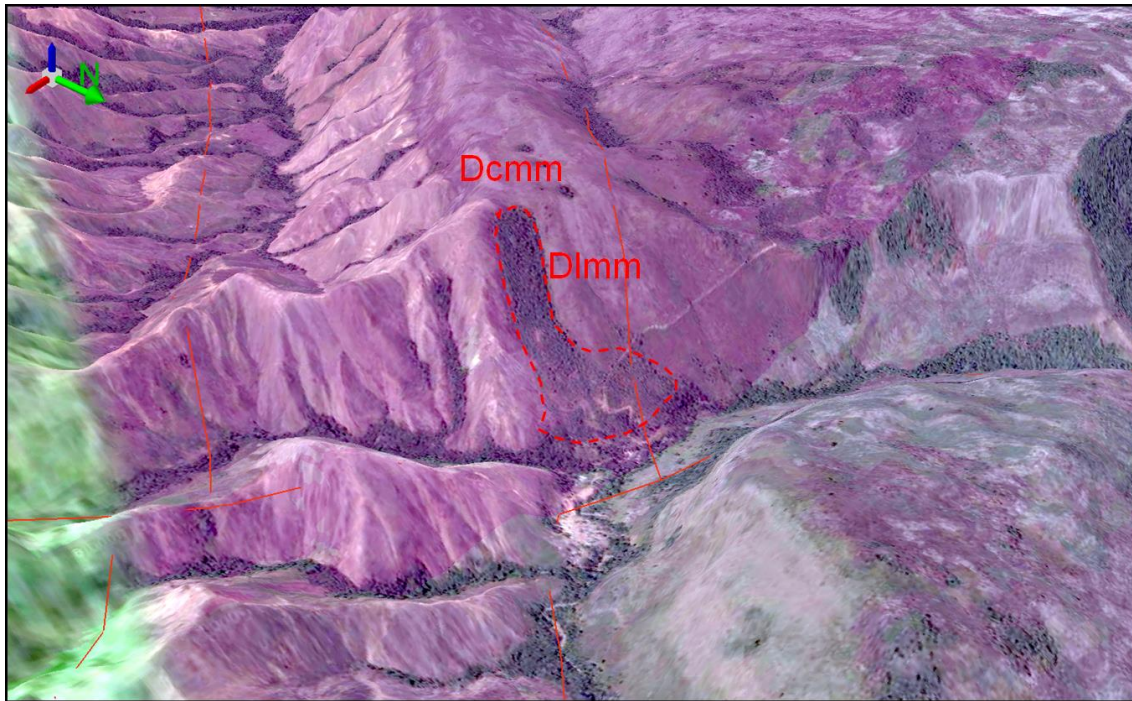
- Laderas estructurales muy disectadas (Dlemd)

Estas geoformas están asociadas a los fuertes procesos tectónicos, y sistemas de fallas, que han expuesto las laderas y las rocas, a los fuertes procesos de erosión. El índice relativo de relieve es bajo. Las pendientes varían entre muy inclinadas a muy abruptas con formas rectas y

cóncavas. Están conformados por la alternancia de niveles duros y blandos de materiales que se encuentran profundamente disectados. Entre estas laderas eventualmente se generan pequeños movimientos de tierras y flujos donde los suelos se encuentran saturados. Se encuentran principalmente hacia el sur de la Cuenca del Río Calenturitas, entre las subcuencas del Río Tucuy alto y el Río Sororia.

- Ladera de movimiento en masa (Dlmm)

La Cuenca del Río Calenturitas, presenta laderas con fuerte pendientes, muchas de las cuales están asociadas a fallas o estructuras, sus principales características morfológicas son pendientes cóncavas y convexas, nichos semicirculares, pendientes escalonados, bloques inclinados, relieve irregular, formación de grietas y cambio súbito de pendiente, generados por procesos de movimientos en masa ladera abajo, cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de falla, o de zonas relativamente delgadas con gran deformación cortante. La mayoría de las laderas con movimiento en masa (Dlmm) de la Cuenca del Río Calenturitas presentan escarpes de corona de movimiento en masa (Dcmm), los cuales corresponden a taludes verticales a subverticales en forma de media luna, que forman parte de la superficie de rotura la cual coincide con la superficie del terreno, constituyendo un resalte geomorfológico labrados sobre rocas frescas, meteorizadas o depósitos de suelos. La altura de los escarpes puede alcanzar decenas de metros.



*Figura 41.* Vista al NE de la Cuenca del Río Calenturitas, en la que se aprecia un ladera con movimiento en masa (Dlmm), con una pequeña corona de movimiento en masa (Dcmm), (Vista 3D, de imágenes satelitales en ArcScene 10.3.1)

- Montículos remanentes disectados (Dmred)

Conjunto de prominencias topográficas de morfología colinada aislada con una altura menor a 50 m sobre su nivel base local, pendiente abrupta a escarpada, alto grado de disección y con fuertes procesos erosivos. Estos montículos están asociados a remanentes del Grupo Cogollo (K1K2cg), principalmente de rocas blandas, hacia el centro norte de la Cuenca del Río Calenturitas, en la Subcuenca del Río Maracas. Los cuales presentan un alto grado de erosión de formas cóncavas y convexas.

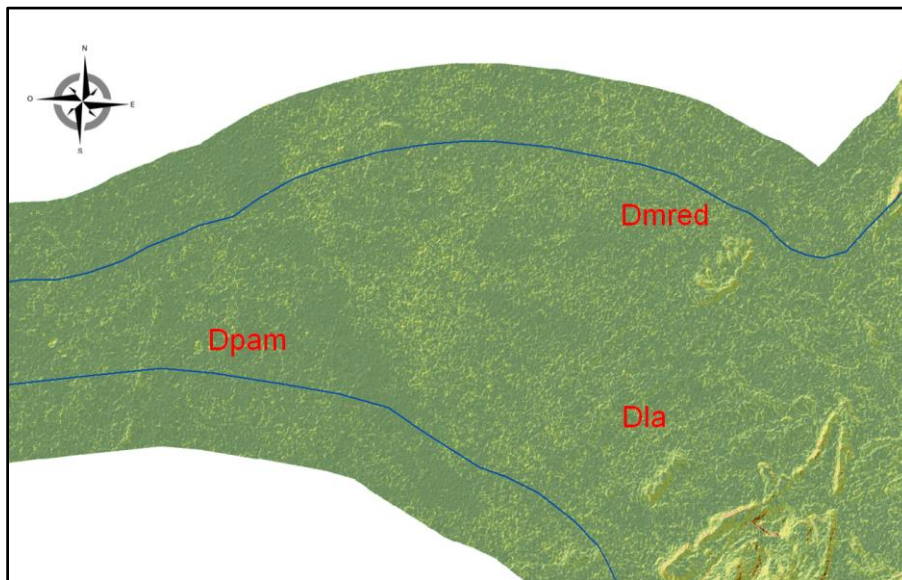
- Lomos aislados residuales (Dla)

Elevación del terreno menor de 200 metros con morfología alomada y alargada, laderas cortas a moderadamente largas, convexas a eventualmente cóncavas y pendientes muy inclinadas a muy abruptas y con drenaje dendrítico, desarrollada de manera general, sobre materiales afectados por

meteorización diferencial intensa. Estas geoformas se encuentran escasamente y están asociadas a la Formación Los Cuervos (E1c) y a la Formación La Luna (K2l), son principalmente residuales de forma convexa, con fuertes procesos de meteorización y erosión.

- Peneplanicie de antiguos macizos (Dpam)

Superficie de extensión regional, ligeramente ondulada, caracterizada por la repetición sistemática de montículos, redondeados (colinas) o alargados (lomas), con cimas amplias, que se forman por la erosión y aplanamiento de una superficie original. Dentro de la cuenta esta forma del terreno está asociada a extensas planicies con algunas ondulaciones y montículos principalmente de la Formación Cuesta (N1N2c), los cuales fueron producto de la intensa meteorización y erosión, debido a que baja dureza de la roca. Se encuentran en el municipio de Becerril sobre las planicies aluviales entre las subcuencas de los ríos Tucuy y Maracas.



*Figura 42.* Vista al noroeste de la Cuenca del Río Calenturitas, en la que se aprecian lomas aisladas (Dla), cerca de la localidad de Tucuy, montículos remanentes (Dmred), cerca de la localidad de Becerril, las peneplanicies (Dpam) de la Formación Cuesta (N1N2c), todas estas geoformas bordeadas por depósitos aluviales de llanura y aluviales recientes, (Vista en planta, del modelo de pendientes, en ArcMap 10.3.1).

- Geoformas de origen fluvial (F)

Las geoformas de origen fluvial, corresponden alrededor del 40% del área total de la Cuenca del Río Calenturitas, y son el producto de la intensa erosión y depositación por acción de las corrientes, de río Tucuy, Maracas y Sororia, que a su vez son afluentes, del Río Calenturitas, los cuales han modelado una gran llanura aluvial (Flla), con depósitos formando planicies y canales de inundación (Fpi), y algunas terrazas de acumulación (Ft). Hacia el piedemonte, y asociados a drenajes se encuentran abanicos aluviales (Faa), de morfología suave. A continuación se hace una breve descripción de las unidades aflorantes en la Cuenca del Río Calenturitas:

- Abanicos aluviales y fluviotorrenciales (Faa)

Superficies en forma de cono, de laderas cóncavo convexas, de dimensiones de cientos de metros a kilómetros de morfología plana, aterrazada, formados donde una corriente desemboca en una zona plana. Su origen está asociado a la acumulación torrencial y fluvial en forma radial. Los depósitos aluviales se depositan radialmente desde el ápice del abanico localizado en la salida de la corriente de las montañas. Los canales fluyen radialmente, cortando el abanico, siendo más profundos en el ápice del abanico y más someros al alejarse de él. En la Cuenca del Río Calenturitas se encuentra a lo largo del piedemonte de la Serranía de Perijá.

- Terrazas (Ft)

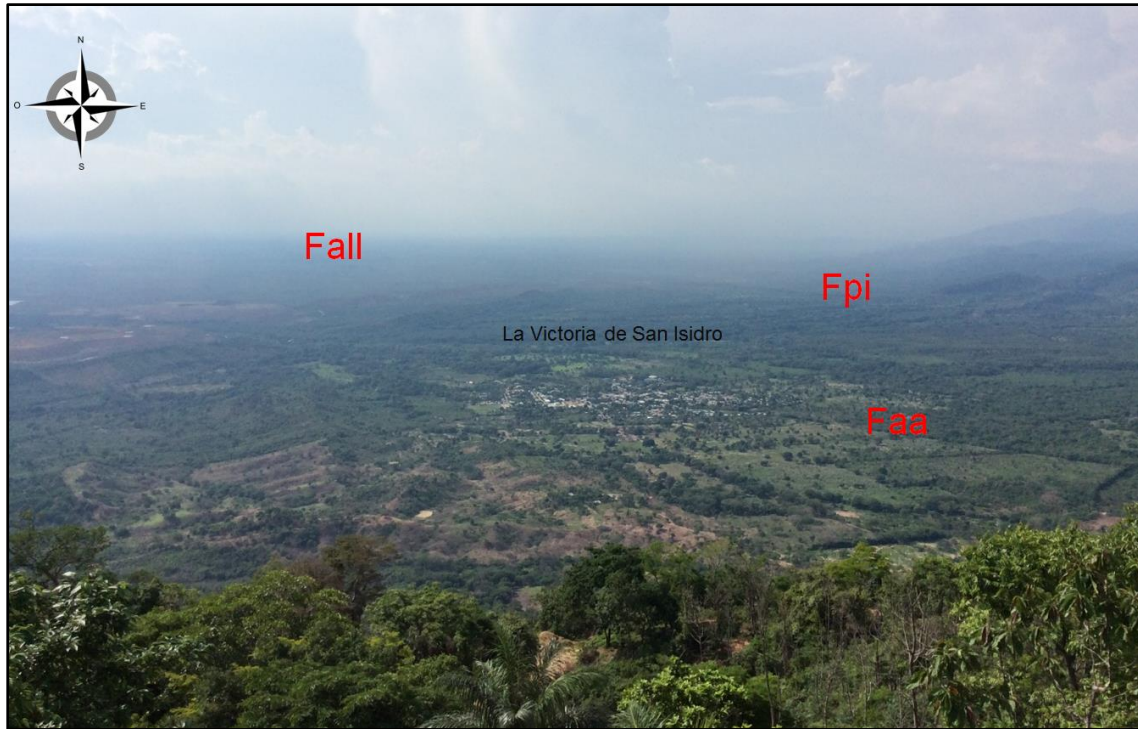
Son superficies planas a ligeramente inclinadas dejadas por la acumulación de material fluvial y fluviotorrencial depositado por un río o quebrada que indican los diferentes niveles de divagación del cauce a través de su evolución, localizándose a diferentes alturas a los lados de los valles de los ríos Tucuy, Maracas, y Sororia, afluentes del Río Calenturitas y algunas quebradas, limitadas principalmente por laderas fuertemente inclinadas a escarpadas.

- Planicies y canales de inundación (Fpi)

Geoformas con morfología baja y ondulada con pendientes levemente inclinadas a medias eventualmente inundables. En regiones montañosas donde las corrientes fluviales tienden a unirse con sus tributarios para formar el cauce principal se presentan como superficies estrechas, alargadas y profundas que presentan una red de drenaje de tipo subparalelo de mediana densidad y localmente pueden presentar control estructural. La composición granulométrica y mineralógica así como las características estructurales y texturales varían ampliamente en función del régimen de los ríos, de las propiedades de las rocas, de la Cuenca del Río Calenturitas y de las condiciones morfodinámicas generales. En las corrientes de alta gradiente se presentan materiales heterogéneos con predominio de guijarros de composición mineralógica variada, mientras que las de bajo gradiente se caracterizan por una mejor distribución y disminución del tamaño y redondez de los materiales.

- Llanura aluvial (Flla)

Corresponde en gran parte a la zona semiplana de la Cuenca del Río Calenturitas, con pendientes suaves inferiores a los 5°, la cual está siendo disectada por los ríos, Tucuy, Maracas, Sororia, el mismo Calenturitas, y los demás tributarios. Esta unidad se encuentra conformada por materiales transportados de origen aluvial, con cantos y abundantes bloques subredondeados o redondeados provenientes de diversas litologías en matriz areno-limosa.



*Figura 43* Vista al norte de la Cuenca del Río Calenturitas en la que se aprecia el casco urbano de La Victoria de San Isidro, el cual está sobre un depósito de abanico aluvial (Faa), también se reconoce la planicie de inundación (Fpi) del río Tucuy, y llanura aluvial (Fall) que ha sido modelada por los tributarios del Río Calenturitas.

- Geoformas de origen antrópico (A)

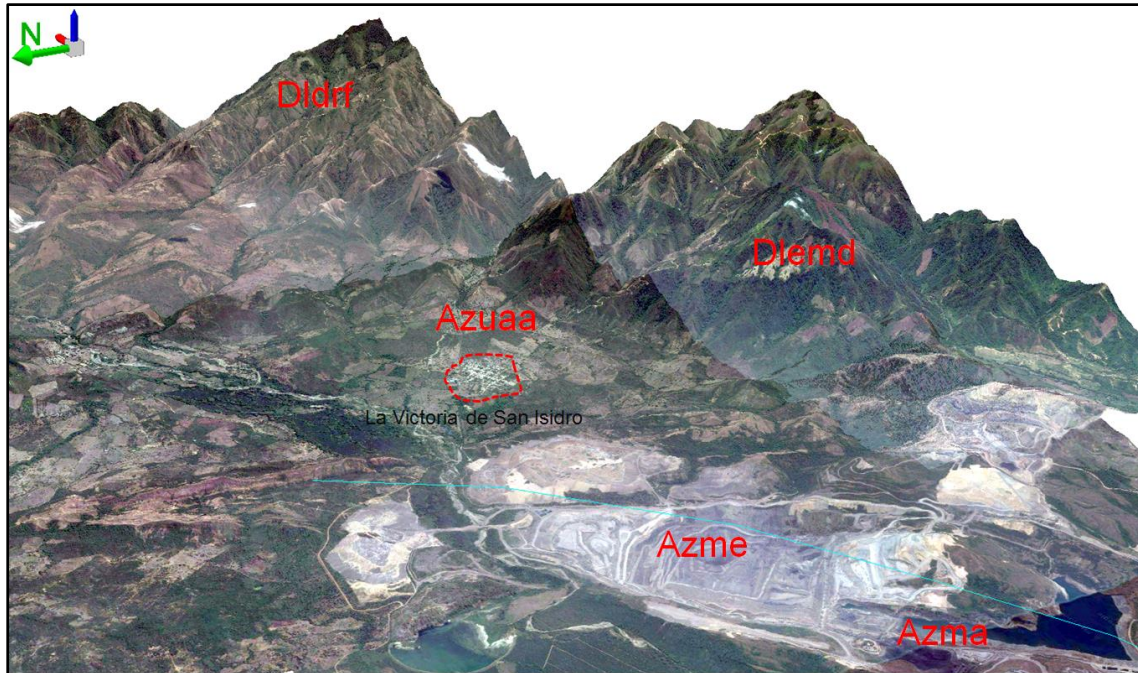
Son formas del terreno cuyo origen está ligado a las actividades humanas de explotación de recursos del subsuelo y al acondicionamiento del terreno tanto para la construcción de obras civiles como para la disposición de desechos tanto orgánicos como inorgánicos. En la cuenca del Río Calenturitas predominan las geoformas de origen antrópico asociado a las explotaciones mineras de carbón (Azm) y sus plantas administrativas (Azma), y se incluyen las zonas urbanas (Azu). En general se evidencian en el área de la cuenca del río Calenturitas las siguientes geoformas:

- Zonas mineras (Azm)

La Cuenca del Río Calenturitas, presenta rocas de la Formación Cuervos y Barco, las cuales presentan potentes niveles de carbón, lo que ha hecho una de las principales actividades económicas, la minería a cielo abierto que cuenta con decenas de kilómetros cuadrados, y se compone de remoción de material por maquinaria de gran tamaño y posterior relleno, de esta actividad se subdividen las zonas administrativas asociadas a la actividad minera (Azma), y Zona Minera de Explotación (Azme), son extensas áreas dedicadas a la extracción de materiales y minerales a cielo abierto, cuyo proceso extractivo se realiza en la superficie del terreno, y con maquinarias mineras de gran tamaño.

- Zonas urbanas (Azu)

Son las zonas donde hay asentamientos urbanos dentro de la Cuenca del Río Calenturitas, dentro de las principales unidades se encuentra el casco urbano de la Jagua de Ibirico (Azulla), sobre depósitos aluviales de llanura aluvial, los corregimientos de La Victoria de San Isidro (Azuaa), y Estados Unidos (Azuco), sobre abanicos aluviales y depósitos coluviales respectivamente.



*Figura 44.* Vista al noreste de la Cuenca del Río Calenturitas, en donde se parecían las geoformas de origen denudacional hacia la parte superior, y las geoformas de origen antrópico hacia la parte de piedemonte, dentro de las que están las zonas mineras administrativas (Azma), las zonas mineras de explotación y rellenos (Azme), y el casco urbano de La Victoria de San Isidro sobre depósitos de abanico aluvial (Azuaa), (Vista 3D, de imágenes satelitales en ArcScene 10.3.1)

Como resultado de la interpretación de los diferentes modelos (Sombras, pendientes, modelos SAGA GIS, etc.) e imágenes satelitales, se presenta como resultado el mapa de unidades geomorfológicas de la Cuenca del Río Calenturitas, (SGC-metodología Carvajal-2011).

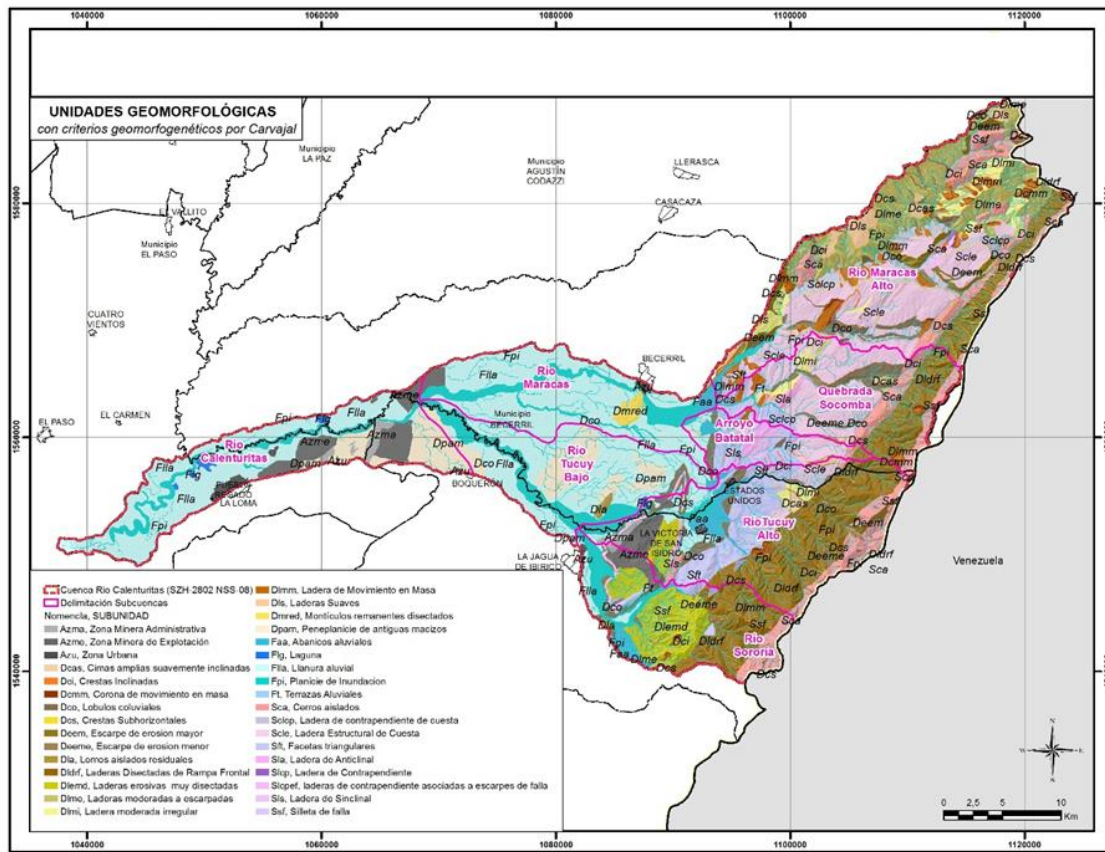


Figura 45. Mapa de unidades geomorfológicas de la Cuenca del Río Calenturitas (SGC).

### 7.3. Geomorfología de la cuenca río calenturitas (IGAC- metodología Zinck, 2012)

La construcción de la leyenda de geomorfología cuenca del Río Calenturitas, incluye los aspectos conceptuales de la clasificación estructurada y jerarquizada por Zinck (1987), adaptada para Colombia por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi -IGAC- en su manual de códigos (2014) y su manual de campo (2014). El sistema taxonómico que propone Zinck (1987) contiene 6 niveles: Geoestructura, Ambiente Morfogenético, Paisaje Geomorfológico, Relieve o Modelado, Litología o material y forma del terreno.

A continuación se presenta una breve definición de cada categoría que compone la leyenda de geomorfología para el estudio semidetallado de la Cuenca del Río Calenturitas y las características que se identificaron como resultado de la aplicación de la metodología.

1. Paisaje Geomorfológico

Según (Zinck, 2012). Un paisaje es una gran porción de terreno caracterizada por sus rasgos fisiográficos; corresponde a una repetición de tipos de relieve similares o a una asociación de tipos de relieve disímiles (valle, altiplanicie, montaña, etc).

Como resultado de la aplicación de la metodología para la elaboración de la leyenda preliminar de geomorfología se identificó los siguientes paisajes para el estudio de la Cuenca del Río Calenturitas. A cada uno se le asignó una letra mayúscula de acuerdo al manual de códigos (2014) IGAC.

Tabla 2. Paisajes geomorfológicos de la Cuenca del Río Calenturitas.

Columna	Clase	Código
<b>PAISAJE</b>	Montaña	M
	Lomerío	L
	Planicie	P
	Valle	V
	Piedemonte	R
	Peneplanicie	N

2. Ambientes Morfogenéticos

Los ambientes morfogenéticos de la Cuenca del Río Calenturitas es controlado por la geodinámica interna a través de la tectónica compresiva regional (basculamiento, plegamiento, corrimiento, fallamiento) (Zinck, 2012). Se decidió aplicar los siguientes ambientes morfogenéticos, a los cuales se les ha asignado una letra en minúscula de acuerdo al manual de

códigos (2014) IGAC como se observa en la, en aras de disponer un listado de ambientes que describan mejor las condiciones reales del área de estudio.

Tabla 3. *Ambientes morfogenéticos de la Cuenca del Río Calenturitas.*

Columna	Clase	Código
<b>AMBIENTE MORFOGENÉTICO</b>	d	Ambiente Depositional
	s	Ambiente Estructural
	e	Ambiente Erosional (o denudacional)
	r	Ambiente Residual

### 3. Tipos De Relieve Modelado

El tipo de relieve es definido como una geoforma resultante de la combinación de topografía y estructura geológica (Cuesta, crestón, etc.) o el determinado por específicas condiciones morfoclimáticas o procesos morfogenéticos, (Zinck, 2012), Como resultado de la aplicación de la metodología para la construcción de la leyenda geomorfológica, se identificó los siguientes tipos de relieve a los cuales se les asignó una letra mayúscula, aquí no se tomó en cuenta el código designado en el del manual de códigos (2014) del IGAC ya que es numérico y extenso.

Tabla 4. *Tipos de relieve o modelado de la Cuenca del Río Calenturitas.*

Columna	Clase	Código
<b>TIPO DE RELIEVE</b>	F	Escarpe con facetas trapezoidales
	R	Cerro testigo
	N	Escarpe de línea de falla
	C	Cuesta
	N	Crestón
	S	Sinclinal
	A	Anticlinal
	B	Cresta
	H	Hogback
	O	Cadena (montañosa)
D	Cono	

Columna	Clase	Código
	M	Mesa (meseta)
	V	Escarpa
	E	Loma
	L	Llanura
	I	Llanura de inundación
	T	Terraza
	A	Abanico
	P	Plano
	U	Zona urbana

4. Litología o Facie

Se refiere a la naturaleza petrográfica de las rocas duras dentro de la Cuenca del Río Calenturitas (Sedimentarias, Metamórficas, etc.) u origen/naturaleza de las formaciones no-consolidadas de cobertura (Depósito Aluvial, Coluvial, Antrópico, etc.) (Zinck, 2012), como resultado del análisis de la información secundaria se ha encontrado en la información sobre litología en la Cuenca del Río Calenturitas.

Tabla 5. Tipo de litologías o facies de la Cuenca del Río Calenturitas.

Columna	Clase	Código
<b>LITOLOGÍA</b>	s	Sedimentarias
	m	Metamórficas
<b>FACIES</b>	c	Coluvial
	a	Aluvial
	t	Antrópico

5. Formas de Terreno

Una forma del terreno es el tipo básico de geoforma caracterizado por una combinación única de geometría, historia y dinámica” (Zinck, 2012). Como resultado de la aplicación de la metodología para la construcción de la leyenda geomorfológica preliminar, se identificó las

siguientes formas del terreno a las cuales se les asignó una letra mayúscula, aquí no se tomó en cuenta el código designado en el del manual de códigos (2014) del IGAC ya que es numérico y extenso.

Tabla 6. *Formas del terreno Cuenca del Río Calenturitas.*

Columna	Clase	Código
<b>FORMAS DEL TERRENO</b>	K	Superficie de ablación
	S	Superficie estructural
	C	Superficie subestructural
	E	Superficie de abrasión
	D	Deslizamiento de detritos
	T	Deslizamiento traslacional (en plancha)
	P	Escarpe
	N	Campo de drumlin
	V	Vallecito (vale)
	B	Banco de arena de cauce
	A	Abanico de explayamiento
	L	Lago
	Z	Zona administrativa
	M	Zona de Explotación
U	Zonas urbanas y centros poblados	

Para la elaboración del mapa geomorfológico (IGAC) se presenta la leyenda, se tomaron como referencia cada uno de los parámetros anteriormente descritos: El paisaje, el ambiente morfogenético, el tipo de relieve, la litología o facie y las formas del terreno.

Tabla 7. *Unidades geomorfológicas de la Cuenca del Río Calenturitas (Zinck 2012).*

Geoestructura	Ambiente morfogenetico	Paisaje	Tipo de relieve	Litología/facie	Formas del terreno	Id
<b>Cordillera</b>	Ambiente Estructural	Lomerío	Escarpe con facetas trapezoidales	Sedimentarias	Superficie de ablación	LsFsK
				Metamórficas	Superficie de ablación	LsFmK
			Cerro testigo	Sedimentarias	Superficie	LsRsS

Geoestructura	Ambiente morfogenetico	Paisaje	Tipo de relieve	Litología/facie	Formas del terreno	Id
			Escarpe de línea de falla		estructural	LsNsC
			Cuesta		Superficie subestructural	LsCsS
					Superficie estructural	LsCsC
					Superficie subestructural	LsCsC
			Crestón		Superficie estructural	LsNsS
			Sinclinal		Superficie estructural	LsSsS
			Anticlinal	Superficie estructural	LsAsS	
	Ambiente Erosional (o denudacional)	Montaña	Cerro testigo	Metamórficas	Superficie estructural	MsRmS
					Cadena (montañosa)	Superficie de abrasión
		Piedemonte	Cono	Coluvial	Deslizamiento de detritos	ReDcD
					Deslizamiento traslacional (en plancha)	ReDcT
		Lomerío	Cresta	Metamórficas	Superficie de abrasión	LeBmE
					Sedimentarias	Superficie de abrasión
			Cuesta	Sedimentarias	Superficie de abrasión	LeCsE
			Hogback		Superficie de abrasión	LeHsE
Crestón				Superficie de abrasión	LeNsE	
Cono	Coluvial		Deslizamiento de detritos	LeDcD		
Mesa (meseta)	Sedimentarias		Superficie de abrasión	LeMsE		
Escarpa		Metamórficas	Escarpe	LeVsP		
			Escarpe	LeVmP		
Cono	Coluvial	Superficie de ablación	LeDcK			

Geoestructura	Ambiente morfogenetico	Paisaje	Tipo de relieve	Litología/facie	Formas del terreno	Id	
<b>Geosinclinal (o cuenca sedimentaria)</b>					Deslizamiento traslacional (en plancha)	LeDcT	
			Loma	Sedimentarias	Superficie de abrasión	LeEsE	
	Ambiente Residual	Peneplanicie	Llanura		Campo de drumlin	NrLaN	
	Ambiente Deposicional			Abanico	Aluvial	Abanico de explayamiento	RdAaA
		Valle	Llanura de inundación			Vallecito (vale)	VdIaV
				Terraza		Banco de arena de cauce	VdTaB
		Planicie	Llanura			Superficie de abrasión	PdLaE
				Plano		Lago	PdPaL
				Zona minera	Antrópico	Zona administrativa	PdZtZ
						Zona de Explotación	PdZtM
				Zona urbana		Zonas urbanas y centros poblados	PdUtU

Como resultado de la interpretación de los diferentes modelos (Sombras, pendientes, modelos SAGA GIS, etc.) e imágenes satelitales, se presenta como resultado el mapa de unidades geomorfológicas de la Cuenca del Río Calenturitas, (IGAC- Metodología Zinck, 2012).

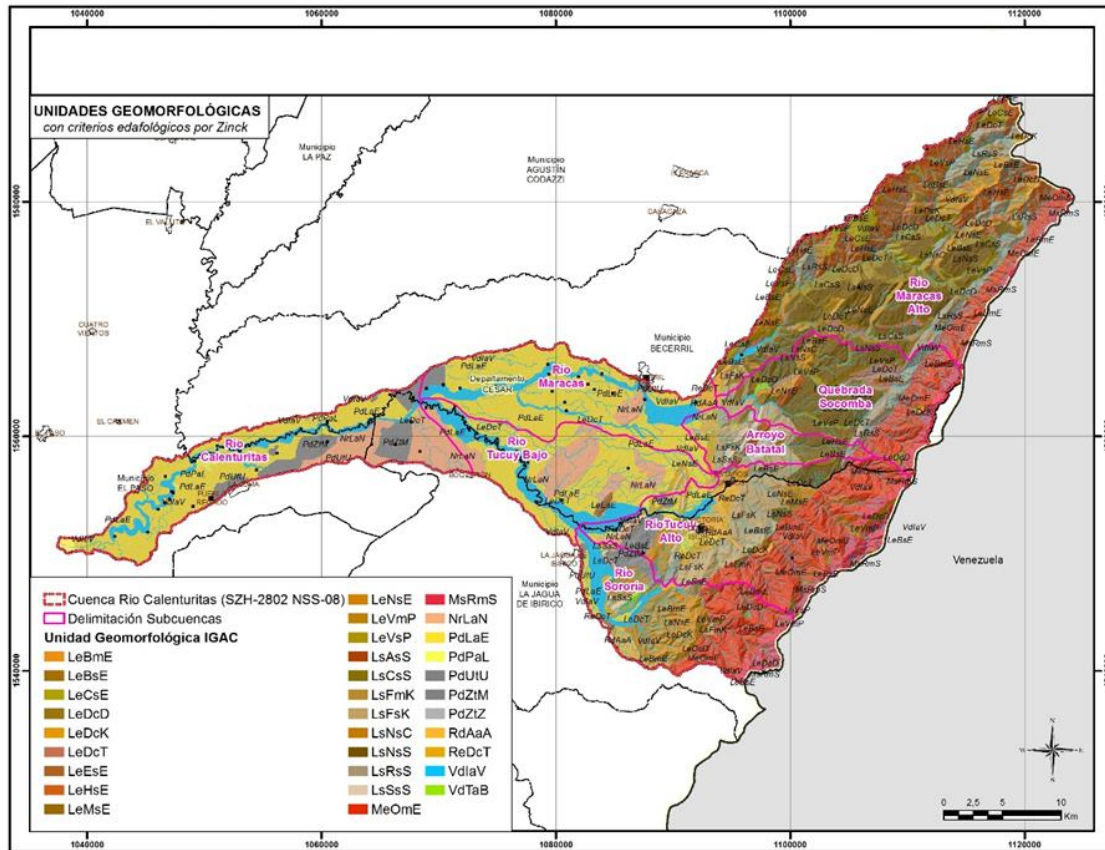


Figura 46. Mapa de unidades geomorfológicas de la Cuenca del Río Calenturitas (IGAC).

### 8. Evolución Geológica

La descripción de los diferentes eventos geológicos se puede explicar a través de la evolución geológica regional, estudiada principalmente por Maze (1984), Kellogg (1984), Cáceres et al. (1980) e Irving (1975).

Con base en las relaciones estratigráficas y estructurales del área de la cuenca, se establece la existencia de dos eventos principales de actividad tectónica relacionados con los patrones

regionales de comprensión del valle del río Cesar. El primero de ellos se ubica entre el Eoceno y Mioceno (Orogenia Caribe) relacionado con las primeras deformaciones que dieron origen a las estructuras como los sinclinales de La Jagua y Ojinegro, y los anticlinales de Loma, Corazones y Nueva Granada, y el segundo evento se relaciona con la Orogenia Andina (Mioceno hasta el Presente), la cual da la forma actual de estas estructuras.

La zona oriental que corresponde a la cuenca Cesar – Ranchería se encuentra gran parte del área de estudio donde se manifiesta fallas inversas y pliegues en una dirección NE-SW. Las regiones de la Sierra Nevada de Santa Marta y la Serranía del Perijá presentan formaciones desde el Precámbrico hasta el Cuaternario, con sedimentita marina y continentales, rocas metamórficas, rocas ígneas intrusivas, extrusivas y piroclásticas afectadas por movimientos tectónicos.

Se reconocen ocho fases tectónicas mayores durante el Fanerozoico, las últimas cuatro durante el cenozoico: Fase tectónica del Eoceno temprano, Orogenia Caribe del Eoceno medio, fase Oligoceno tardío y Orogenia Andina Mioceno tardío al presente (Kellogg, 1984). Esta actividad tectónica cenozoica generó un sistema compresivo de dirección NW-SE, evidenciando por la orientación NE-SW de las principales estructuras regionales. Dentro del área caracteriza este campo de esfuerzos la orientación NE-SW de las fallas inversas de alto ángulo y la sucesión de estructuras plegadas como el Anticlinal Loma, Corazones y Nueva granada. La Serranía del Perijá fue emplazada como un bloque alóctono durante el Jurásico como resultado de subducción, rifting asociado con la apertura del Caribe y de movimientos transcurrentes (Maze, 1984). El levantamiento principal ocurrió durante la Orogenia Andina, como un bloque cabalgante hacia el noroeste (NW) sobre el valle del río Cesar a través de una falla de cabalgamiento de bajo ángulo que se extiende hasta la mitad de la corteza, la Falla Perijá (Kellogg, 1984).

La Sierra Nevada de Santa Marta es un complejo montañoso cristalino de forma triangular cuyas anomalías gravimétricas indican un desequilibrio isostático (Kellogg, 1984). La simetría de su topografía, su estructura y sus anomalías gravimétricas sugieren que cabalga como un bloque hacia el noroeste (NW) sobre las fallas de Oca y Bucaramanga-Santa Marta (Irving, 1975; Kellogg, 1984). El levantamiento principal ocurrió durante la Orogenia Andina en el Plioceno. La Sierra Nevada de Santa Marta constituye el límite occidental del valle tectónico Cesar-Ranchería

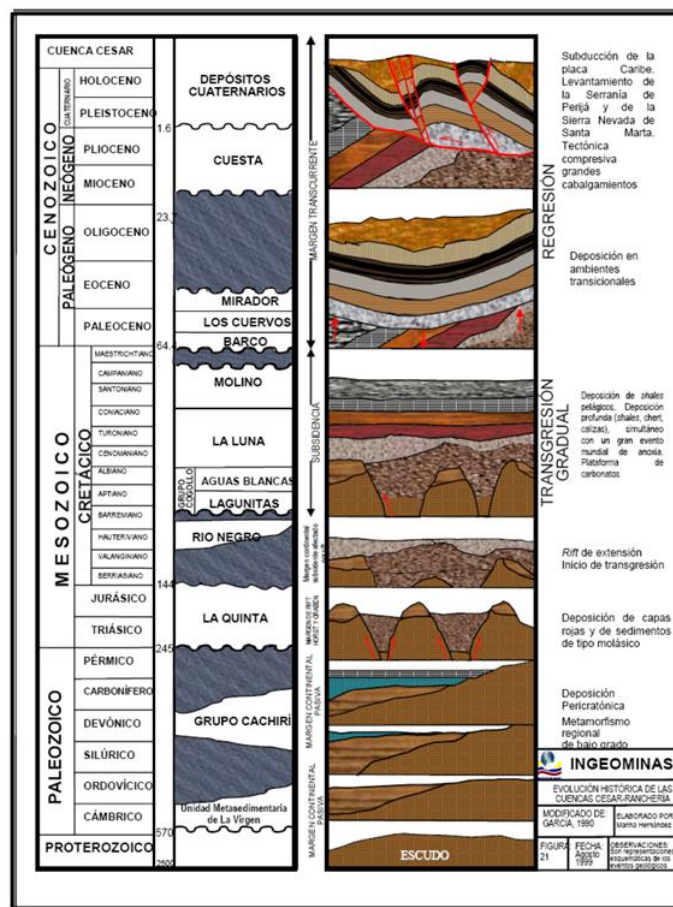


Figura 47. Evolución Histórica de la Cuenca Cesar-Ranchería.

Fuente: Tomado de Ingeominas; Hernández M. (1999). Evolución Histórica de las cuencas Cesar-Ranchería.

Durante el Cambro – Ordovícico se depositan sedimentos pelíticos interestratificados con flujos de lava transformados a esquistos de actinolita – clorita, cuarcitas y filitas de la Unidad Metasedimentaria de La Virgen por un metamorfismo regional de baja presión y alta temperatura, simultáneamente, con fases de levantamiento, plegamiento, actividad plutónica y erosión relacionadas a la Orogenia Caledoniana, durante el Silúrico a Devónico temprano. Posterior a la Orogenia Caledoniana, durante el Devónico, ocurre una transgresión que cubre las áreas positivas y se depositan gravas, arenas, shales y shales calcáreos en forma discordante sobre las metamorfitas cambro – ordovícicas.

En el Devónico tardío ocurre un segundo evento tectónico importante, la Orogenia Herciniana, que se caracteriza, principalmente, por procesos de fallamiento y fuerte erosión que origina un hiato entre los sedimentos devónicos y carboníferos. La región ha experimentado eventos alternativos de sedimentación y de orogenia. Se han identificado 8 principales fases tectónicas fanerozoicas en la Serranía del Perijá y cuencas adyacentes. Los cuatro principales episodios tectónicos Precenozoicos son del: Silúrico – Devónico temprano; Devónico tardío, pérmico tardío – Triásico, fallamiento y vulcanismo jurásico; y los correspondientes al Cenozoico son: la fase tectónica del Eoceno temprano, Orogenia Caribe del Eoceno medio, fase del Oligoceno tardío y la Orogenia Andina del Mioceno tardío al presente. Los ocho episodios produjeron discordancias en la columna estratigráfica de la Cuenca del Cesar (Maze, 1984).

La actividad tectónica continua a través del Carbonífero y el Pérmico como movimientos verticales que producen pequeñas depresiones y, como resultado, ciclos de regresión y transgresión que depositan secuencias clásticas y carbonatadas (Cáceres et al., 1980).

El final de la Orogenia Herciniana marca el límite Paleozoico-Mesozoico. Durante el Triásico se presentan movimientos epeirogénicos asociados al rifting necesario para la apertura del mar

caribe, que causan levantamientos y formación de grabens, lo que permitió la deposición de secuencias molásticas (Formación La Quinta). Vulcanismo de flujo y piroclástico contribuyó con material de flujo, cenizas y detritos a la secuencia. La influencia de las condiciones ambientales (clima y ambientes oxidantes) sobre los sedimentos produjo una secuencia tipo red bed. Estension, subsidencia y vulcanismo asociado, deposición, deformación y redeposición, especialmente a lo largo de las márgenes de grabens a través del Triásico – Jurásico. Durante el Jurásico medio, una actividad ígnea intrusiva tomó lugar, y se emplazaron batolitos félsicos a intermedios principalmente en la Sierra Nevada de Santa Marta (Caceres et al., 1980).

Hacia el cretácico Temprano comienza una subsidencia que causa una trasgresión marina, y se depositan sedimentos que dan origen a las areniscas y a los conglomerados de la Formación Rio Negro, o al conglomerado basal del Grupo Cogollo que suprayace a la Formación La Quinta en forma discordante. La subsidencia continúa y se forma finalmente un ambiente deposicional marino para el Barremiano, y predomina la deposición de carbonato de tipo químico. Este ambiente prevalece hasta el Coniaciano, cuando se depositan calizas y shales calcáreos ricos en materia orgánica (Formaciones Lagunita, Aguas Blancas y La Luna). Después de la deposición de la Formación La Luna, la subsidencia alcanza su máxima tasa, y el ambiente cambia a uno de tipo marino batial, representado por la Formación Molino, de carácter lutítico predominante. Este ambiente profundo continúa hasta el Campaniano, y al final de este tiempo se inicia una lenta regresión del mar cretáceo.

Ninguna actividad tectónica significativa marcó el límite Cretáceo – Paleógeno en esta región, aunque el Mesozoico culminó con el levantamiento de la Cordillera Occidental y con un metamorfismo de facies anfibolita al noroeste (NW) de la Sierra Nevada de Santa Marta y la Península de La Guajira.

El comienzo del Cenozoico se caracterizó por una deposición no marina de sedimentos que dieron origen a areniscas, areniscas carbonáceas, shales carbonáceos y capas de carbón (formaciones Barco y Los Cuervos).

Durante el Cenozoico se produjeron cuatro fases tectónicas asociadas con levantamientos regionales: fase tectónica Eoceno temprano, Orogenia Caribe del Eoceno medio, fase Oligoceno tardío al presente. Durante el Eoceno se empieza a evidenciar la Orogenia Caribe tipo Alpino que tiene su máxima expresión en el Eoceno medio y que se caracteriza por una compresión NW-SE, plegamientos y cabalgamientos. En la fase Oligoceno tardío se inicia un estilo tectónico de bloques que involucra basamento, que culmina durante el Plioceno con el cabalgamiento al noroeste (NW) de la Sierra Nevada de Santa Marta y Serranía del Perijá sobre las cuencas adyacentes. El principal levantamiento de la Serranía del Perijá ocurrió durante el Mioceno tardío - Plioceno de la Orogenia Andina. El levantamiento de la Serranía del Perijá y de la Sierra Nevada de Santa Marta, debido a la convergencia de las placas Caribe, Suramérica y Nazca, originó las fallas transcurrentes de Bucaramanga – Santa Marta y de Oca, bajo un campo de esfuerzos compresivos orientados  $N40^{\circ}W \pm 10^{\circ}$  (Cáceres, 1980).

Finalmente, durante el Plioceno – Pleistoceno se formaron abanicos aluviales, terrazas y planicies aluviales que se encuentran cubriendo el valle Cesar – Ranchería. La posición actual de estos depósitos sobre el nivel base de los ríos (200 – 300 metros) es evidencia de un rápido levantamiento producto de la deformación andina.

La deformación compresional comenzó a lo largo del margen continental en el Cretácico tardío a Paleoceno con la acreción de la Cordillera Occidental al cratón suramericano. Posteriormente, el levantamiento de la Cordillera Central comenzó en el Oligoceno en cuyo tiempo las cuencas del Magdalena y la actual cordillera estuvieron en una cuenca foreland. En el

Mioceno tardío – Plioceno, un cinturón plegado y cabalgado se desarrolló en la Cordillera Oriental, seguido por levantamiento regional de edad Plioceno – Pleistoceno.

En la zona de estudio toda la evolución geológica descrita anteriormente se ve reflejada en los cortes A-A' Y B-B'.

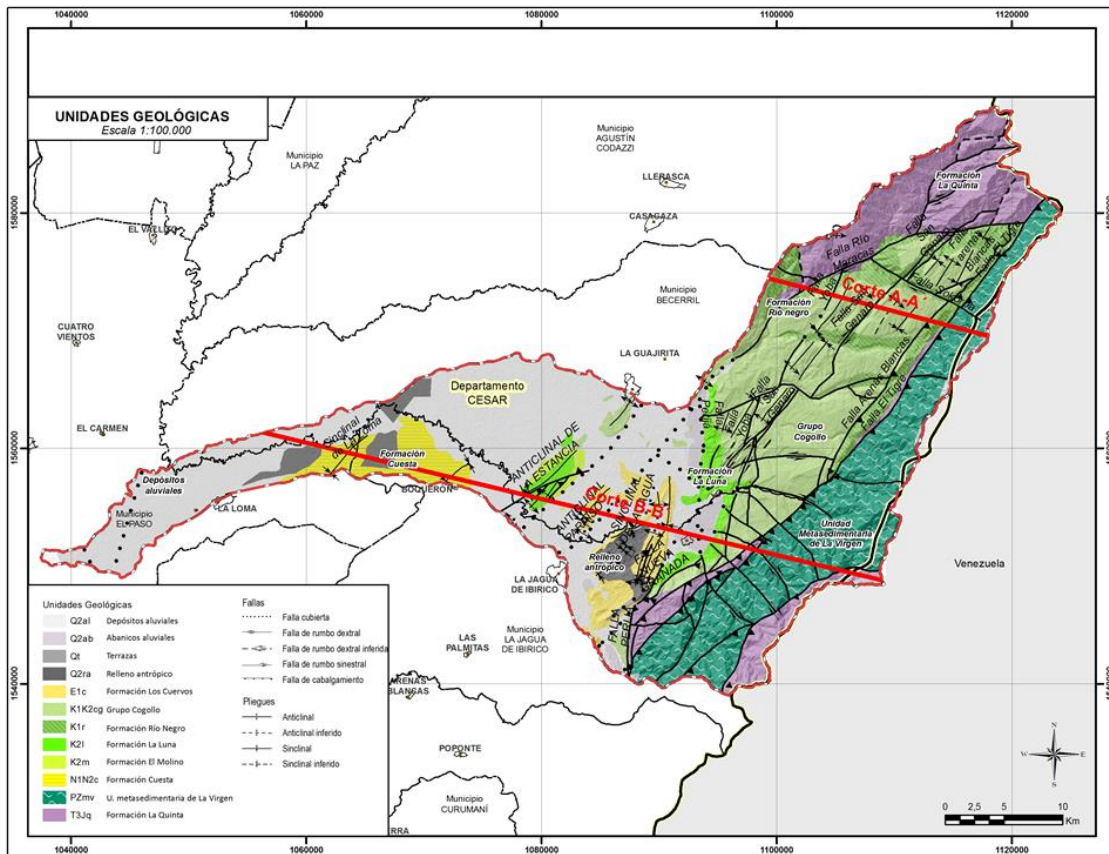


Figura 48. Ubicación de cortes en salida cartográfica de Unidades Geología escala 1:100000.

Leyenda Geológica	
<b>Q2ab</b>	<b>Aluvios aluviales:</b> Depósitos de sedimentos de material no consolidado, conformados por cantos y bloques tectonoestratigráficos subangulares a subredondeados, localmente niveles arenolimosos y arenogrescos.
<b>Q2al</b>	<b>Depósitos aluviales:</b> Depósitos no consolidados de gravas y bloques en matriz limoarenosa y arcillosa. Limos y arenas finas, de color marrón oscuro a amarillento moderado y rareza; amarillento oscuro a naranja grisáceo.
<b>Q2ra</b>	<b>Relieve antiguo:</b> Relieves por actuales actividades mineras, de carbón a río abierto, en una zona de transformación permanente (Imagen tomada de Bing Maps del 25 de agosto de 2014).
<b>Q1</b>	<b>Terrazas:</b> Bloques, cantos, gravas y arenas en matriz arcillo limosa.
<b>E1c</b>	<b>Formación Los Cueros:</b> Aluvios de arcillitas negras y gris verdosas; limonitas; arenitas de grano fino con maños de carbón. Edad: Mioceno-Plioceno.
<b>N1M2c</b>	<b>Formación Questa:</b> Secuencia intercalada de arenitas de grano medio y lodolitas con estratificación cruzada y con intercalaciones delgadas de coque ferruginosa, además se encuentran a arenitas conglomeráticas poco consolidadas amarillentas. Edad: Mioceno-Plioceno.
<b>K2m</b>	<b>Formación El Molino:</b> Lodolitas de color gris azulado a verde olivo con glauconita. Edad: Cretácico.
<b>K2j</b>	<b>Formación La Luna:</b> Intersecciones de limonitas color gris medio, lutitas negras carbonosas y calcáreas, arcillitas, calizas y lodolitas. Voluminosas hacia la parte media y el lecho; capas de chert centimétricas hacia la base; concreciones y nódulos calcáreos, cementíferos a decimétricos son comunes en toda la secuencia. Edad: Turoniano a Salmatiano.
<b>K1M2g</b>	<b>Grupo Copalco:</b> Capas gruesas de calizas fósilíferas con niveles de lodolitas calcáreas interestratificadas, calizas limaquejadas y lutitas calcáreas (parte inferior). Lodolitas calcáreas masivas, lutitas calcáreas carbonosas con concreciones entre 10 y 30 cm, lodolitas calcáreas carbonosas masivas y arenitas de grano muy fino calcáreas y generalmente glauconíticas (parte media). Calizas limaquejadas, (parte superior). Edad: Aptiano-Campaniense (PDVSA - INTREP, 2008).
<b>E1r</b>	<b>Formación Río Negro:</b> Areniscas de grano fino a grueso y conglomerados, en capas de hasta un metro de espesor, de color gris, cian con manchas ojas intercalados con niveles de lutitas y limonitas negras (parte inferior). Capas gruesas de conglomerado de grano grueso y lutitas. Las capas, lutitas y arenillas intercaladas en la secuencia, son de color gris oscuro a negro. Finamente laminadas y con restos de vegetales. Edad: Bermejense y Barremiano (PDVSA - INTREP, 2008).
<b>P2mv</b>	<b>Unidad metamórfica de La Virgen:</b> Intersecciones de metaarenitas de grano fino de color marrón rojizo oscuro, gris oscuro a gris olivo, meta lodolitas de color gris cian, gris oscuro y azul grisáceo; filitas de color negro verdoso a gris amarillento; metaconglomerados con matriz de color gris olivo claro, conchuetos por cuarzo y fílico, con granos subangulares de baja esfericidad, los cobbles son de tamaño granular a guijarro. Edad: Ordovícica (González et al., 2015).
<b>T3jq</b>	<b>Formación La Quinta:</b> Areniscas de color marrón rojizo oscuro, arenitas arcillosas grises con fragmentos de vegetales y carbón y a veces nódulos calcáreos grises (parte inferior). Intersecciones de arenitas marrón oscuro a verdes y lutitas ojas a negras. Escaras calizas (parte media). Areniscas ojas oscuras a marrón (localmente conglomeradas, parte superior). Rocas volcánicas piculíticas a lo largo de toda la secuencia. Riolitas y calizas más abundantemente hacia la parte media superior, aunque se observan también en la parte inferior. Andesitas y basaltos: escasos y se observan hacia la parte media y superior. Edad: Triásico Superior Jurásico (Maza, 1991). Edad rocas volcánicas efusivas y productivas 177 +/- 1 a 135 +/- 4 Mg U-Pb en Orón (González et al., 2015).

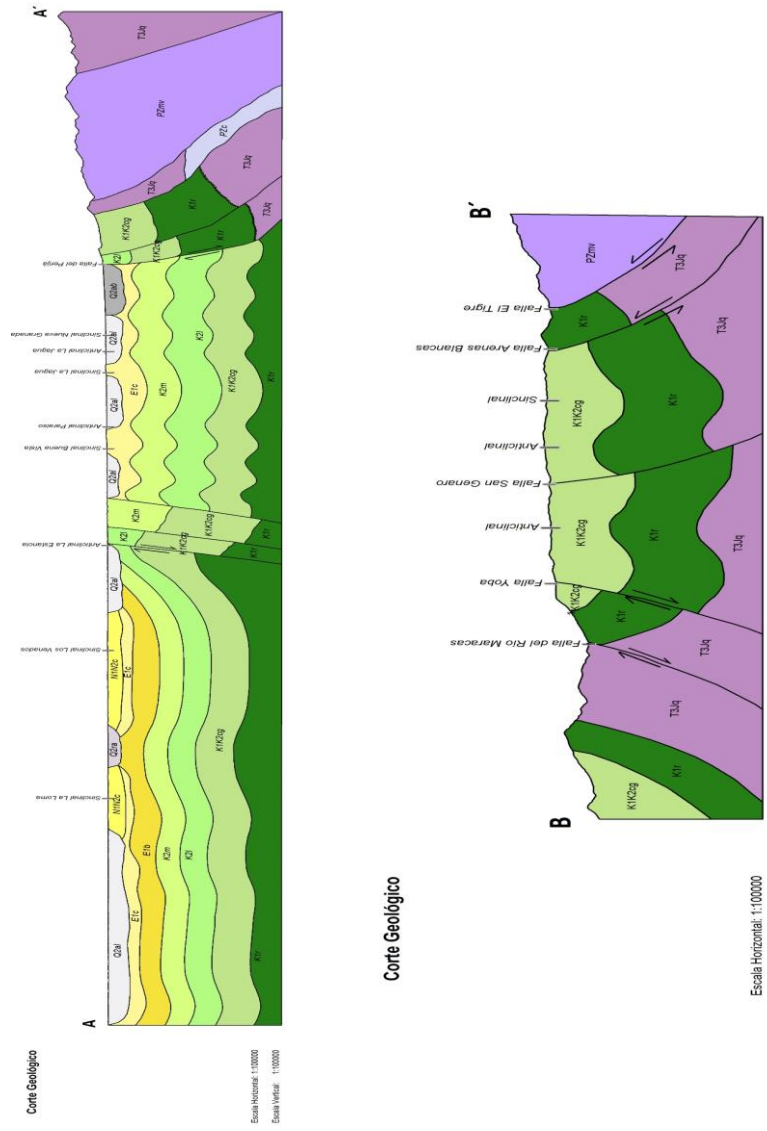


Figura 49. Cortes geológicos de la Cuenca del Río Calenturitas.

**9. Unidades Geológicas Superficiales (UGS)**

Según Hermelin (1987), se denomina Formación Superficial al conjunto de materiales que conforman la superficie del terreno hasta profundidades del orden de decenas de metros. Estas Formaciones Superficiales incluyen rocas con diferentes grados de meteorización, suelos y depósitos inconsolidados según su origen.

Las Unidades Geológicas Superficiales (UGS), se consideran como formaciones correlativas de los procesos morfodinámicos, debido a la acción de agentes exógenos y endógenos que modelan la superficie terrestre, son unidades cartografiables y uno de los productos básicos de la Geología aplicada a la Ingeniería.

La Geología aplicada a la Ingeniería constituye así una herramienta básica adecuada para compilar, interpretar y presentar la información temática de utilidad para los campos de mitigación, prevención y control de los riesgos geológicos, al igual que en los impactos ambientales resultantes del desarrollo de diferentes proyectos.; así como otros aspectos de los proyectos como el planeamiento del uso del suelo para el desarrollo urbano, los planes de ordenamiento territorial y el desarrollo minero.

Tabla 8. *Unidades Geológicas Superficiales (UGS) según su origen.*

<b>Origen de la UGS</b>	<b>Tipo de UGS</b>
<b>Derivadas de roca In situ</b>	- Roca inalterada - Saprolito - Suelos Residuales
<b>Depósitos aluviales</b>	- Aluviones recientes o de lecho de río - Llanuras aluviales - Abanicos o conos aluviales - Terrazas aluviales

Origen de la UGS	Tipo de UGS
	- Depósitos torrenciales - Depósitos Fluviotorrenciales.
<b>Depósitos lacustres y paludales</b>	- Depósitos lacustres
<b>Depósitos de ladera, de vertiente o coluviales</b>	- Coluviones - Talus - Flujos (de lodo, tierra y de escombros) - Derrubios de pendiente
<b>Depósitos costeros</b>	- Deltas, Barras, Playas, etc.
<b>Depósitos volcánicos</b>	- Tefras - Surges - Flujos Piroclásticos - Ignimbritas - Flujos de lodos Volcánicos - Lahares - Cenizas - Coladas de Lava.
<b>Depósitos eólicos</b>	- Dunas - Loess - Cenizas volcánicas
<b>Depósitos glaciares</b>	- Morrenas y Tillitas - Fluvioglaciares
<b>Depósitos antrópicos</b>	- Rellenos sanitarios o de basuras - Rellenos de excavaciones - Escombreras o botaderos

### 9.1. Factores considerados para caracterizar las unidades de roca

En la cartografía geológica para ingeniería, la clasificación de rocas y suelos está basada en las propiedades físicas de dichos materiales en su estado actual, dependiendo de la combinación de factores como el origen, la diagénesis, la historia tectónica, el metamorfismo y los procesos de meteorización, los cuales gobiernan el comportamiento mecánico de dichos materiales. Para la descripción y caracterización de las unidades geológicas superficiales, se tienen en cuenta cinco parámetros fundamentales: litología (composición y textura), dureza o resistencia, condición de

las discontinuidades, grado de meteorización y rasgos estructurales. Estas características se obtienen mediante la descripción de perfiles de afloramientos rocosos, exploración del subsuelo, muestreo de suelos y rocas, ensayos in situ y análisis de laboratorio.

La International Association of Engineering Geology (IAEG) recomienda usar propiedades geológicas que de alguna manera indican las características geológicas de ingeniería, como las que se relacionan a continuación:

**9.1.1. Litología.** Características de textura y estructura tales como la distribución del tamaño de las partículas, su correlación con el peso unitario y la porosidad. Contenido de humedad, consistencia, diaclasamiento, alteración y grado de meteorización. Composición mineralógica, la cual está estrechamente relacionada con el peso específico, los límites de Atterberg y el índice de plasticidad.

**9.1.2. Grado de Meteorización.** Es uno de los aspectos que juega un papel importante en la caracterización de las unidades superficiales, se define como la descomposición física y química in situ de los materiales cercanos a la superficie de la tierra. Influye en la formación de los suelos residuales, estabilidad de las laderas y en la acción de los procesos erosivos, al igual que sobre las propiedades físico-mecánicas de las rocas tales como densidad, esfuerzo a la compresión confinada, esfuerzo a la tensión confinada, porosidad, permeabilidad, y consistencia.

Para definir el grado de meteorización de las rocas se utilizaron los perfiles generalizados de Deere y Patton (1971) y Dearman (1974, 1991).

Tabla 9. Comparación de Perfiles de Meteorización de un Macizo Rocoso.

DEERE Y PATTON (1971) (Todas las Rocas)		DEARMANN (1974, 1991) (Todas las Rocas)			F	DESCRIPCIÓN CARACTERÍSTICAS DE CAMPO
		ZON A	RADO	G NIDAD U		
I SUELO RESIDUAL	IA HORIZONTE A (Capa Vegetal)	SUELO RESIDUAL (Sr)	I	V	S SUELO	<ul style="list-style-type: none"> <li>Las capas superiores ricas en materia orgánica, contienen humus y restos de raíces de plantas; generalmente de color gris oscuro</li> <li>Todo el material rocoso es convertido a suelo.</li> <li>La macrofábrica y la estructura original es destruida. Característicamente arcillo-limoso. Suelo sin estructuras heredadas.</li> </ul>
	IB HORIZONTE B					
	IC HORIZONTE C (SAPROLITO) (Roca Descompuesta)	ROC A COMPLETEMENTE METEORIZADA (Rcm)	V		SAPROLITO FINO SAPROLITO	<ul style="list-style-type: none"> <li>Roca decolorada pasando generalmente a colores variados.</li> <li>Macizo rocoso completamente descompuesto y/o desintegrado a suelo, pero aun conservando algo de la macrofábrica original.</li> <li>Las estructuras heredadas (planos de estratificación, foliación, diaclasas, y fallas) se conservan.</li> <li>Presencia de fragmentos rocosos entre 10% y 35% fácilmente excavable y desmenuzable, aun sin ayuda del martillo. Ocasionalmente pueden recobrase núcleos. Suelos con estructuras heredadas.</li> </ul>
II ROCA METEORIZADA	IA LA TRANSFORMACIÓN DESDE SAPROLITO HASTA ROCA METEORIZADA	ROC A ALTAMENTE METEORIZADA (Ram)	V	I	SAPROLITO GRUESO	<ul style="list-style-type: none"> <li>Roca decolorada y altamente alterada, más del 50% del material rocoso está descompuesto o desintegrado a suelo.</li> <li>Fragmentos rocosos rompibles y desmenuzables sin ayuda del martillo.</li> <li>Las estructuras (planos de estratificación, foliación, diaclasas y con fallas); se mantienen, en general se presentan oxidadas, abiertas, con o sin relleno. Saprolito con fragmentos pequeños de roca.</li> <li>La meteorización esferoidal común.</li> <li>Presencia de fragmentos de roca sin meteorizar entre 35% y 70%.</li> </ul>
	IIB ROCA PRACTICAMENTE METEORIZADA	ROC A MODERADAMENTE METEORIZADA (Rmm)	II	I	MACIZO ROCOSO METEORIZADO >50% ROCA	<ul style="list-style-type: none"> <li>La roca se presenta altamente decolorada con notable meteorización, en la cual menos del 50% del material rocoso está descompuesto o desintegrado a suelo.</li> <li>Material rocoso rompible y excavable con ayuda del martillo y otras herramientas.</li> <li>Las discontinuidades pueden estar oxidadas y abiertas, con o sin relleno. Bloques de roca que no encontraban.</li> </ul>
						SUELO RESIDUAL TROPICAL (SUELO INSITU) >50% Suelo

**9.1.3. Discontinuidades.** Se definen como planos o Discontinuidades de origen mecánico o sedimentario que independizan o separan bloques de roca. Para la caracterización de las discontinuidades también se tuvieron en cuenta otros parámetros geométricos como: Orientación, espaciamiento, persistencia, rugosidad, resistencia en la pared, abertura, relleno, presencia de agua, número de juegos de diaclasas y tamaño de los bloques. Para los valores de ponderación utilizados,

Tabla 10. Clasificación Geomecánica de Macizos Rocosos.

CLASIFICACIÓN GEOMECAÍNICA (RMR)									
1	RESISTENCIA DE LA MATRIZ ROCOSA (Mpa)	ENSAYO DE CARGA PUNTUAL	>10	10-Abr	4-Feb	2-Ene	COMPRESIÓN SIMPLE (Mpa)		
		COMPRESIÓN SIMPLE	>250	250-100	100-50	50-25	25-May	5-Ene	<1
	PUNTUACIÓN		15	12	7	4	2	1	0
	RQD		90%-100%	75%-90%	50%-75%	25%-50%	<25%		
2	PUNTUACIÓN		20	17	13	6	3		
3	SEPARACIÓN DE DIACLASAS		>2m	0.6-2m	0.2-0.6m	0.06-0.2m	<0.06m		
	PUNTUACIÓN		20	15	10	8	5		
4	ESTADO DE LAS DISCONTINUIDADES	LONGITUD DE DISCONTINUIDAD		<1m	1-3m	3-10m	10-20m	>20m	
		PUNTUACIÓN		6	4	2	1	0	
		ABERTURA		Nada	<0.1mm	0.1-1.0mm	1-5mm	>5mm	
		PUNTUACIÓN		6	5	3	1	0	
		RUGOSIDAD		Muy Rugosa	Rugosa	Ligeramente Rugosa	Ondulada	Suave	
		PUNTUACIÓN		6	5	3	1	0	
		RELLENO		Ninguno	Relleno Duro <5mm	Relleno Duro >5mm	Relleno Blando <5mm	Relleno Blando >5mm	
		PUNTUACIÓN		6	4	2	2	0	
		ALTERACIÓN		Inalterada	Ligeramente Alterada	Moderadamente Alterada	Muy Alterada	Descompuesta	
		PUNTUACIÓN		6	5	3	1	0	
		CAUDAL POR 10m DE TÚNEL		Nulo	<10 Litros/min	10-25 Litros/min	25-125 Litros/min	>125 Litros/min	
		AGUA FREÁTICA	RELACIÓN PRESIÓN DE AGUA/TENSIÓN PRINCIPAL MAYOR		0	0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	>0.5
5	ESTADO GENERAL		Seco	Ligeramente Húmedo	Húmedo	Goteando	Agua Fluyendo		
	PUNTUACIÓN		15	10	7	4	0		

Tabla 11. *Correlación de los parámetros de calificación de las discontinuidades, para clasificar la calidad de los macizos rocosos.*

Tipo de Macizo	Número de familias de discontinuidades	Tamaño del bloque	GSI (%)	Jv	RQD	RMR	Clasificación de la roca
<b>VIII-IX</b>	4, y discontinuidades ocasionales	81-100	0-30	>30	<25	<20	Roca blanda
<b>VI-VII</b>	3, y discontinuidades ocasionales	61-80	30-60	10-30	25-50	21-40	Roca intermedia
<b>IV-V</b>	2, y discontinuidades ocasionales	41-60		3-10	50-75	41-60	
<b>II-III</b>	1, y discontinuidades ocasionales	21-40	60-80	1-3	75-90	61-80	Roca dura
<b>I</b>	Masivo, discontinuidades ocasionales.	0-20	80-90	<1	90-100	81-100	Roca muy dura

## 9.2. Factores considerados para caracterizar las unidades de suelo

En la cartografía geológica para ingeniería se consideran como suelos los materiales granulares cementados o no cementados (arena, limo, grava y bloques) y arcillas plásticas cohesivas y la combinación de estos dos tipos.

Los principales factores geológicos que se analizan y sirven para caracterizar y evaluar los materiales de suelo son: Composición litológica y mineralógica, color, tamaño y forma de los granos (textura), consistencia, densidad relativa, estructuras y humedad. La resistencia a la acción mecánica y a la erosión en estos materiales se reduce apreciablemente, incrementándose la porosidad y la susceptibilidad a procesos denudativos.

Los suelos transportados son depósitos que se originan por la acumulación de material arrastrado por la acción del viento, agua, hielo, erupciones volcánicas o por efecto de la

gravedad. Para la clasificación de estas unidades se tomó como base la clasificación genética utilizada por el INGEOMINAS (2007).

Tabla 12. *Clasificación genética de las unidades de suelo.*

Tipo	Origen	Nombre de los depósitos
<b>Residual</b>	In situ	Suelo Laterítico y Suelo Saprolítico
<b>Transportado</b>	De Ladera	De gravedad: depósitos coluviales y flujos de tierra
	Aluvial-Fluviotorrencial	Aluviones en el lecho o fuera de él (Llanura de inundación, Barras, Terrazas, Abanicos, Deltas)
	Glaciales	Fluvioglaciares
	Antropico	Materiales diversos, naturales o no (Rellenos sanitarios, presas, escombreras y rellenos de disposición)

### 9.3. Descripción de las unidades geológicas superficiales

De acuerdo con los factores considerados para caracterizar las Unidades Geológicas Superficiales (UGS) teniendo en cuenta la clasificación de la se determinaron las unidades geológicas superficiales de la zona de estudio, dentro de las cuales se incluyen roca muy blanda, roca blanda, roca intermedia, suelo residual, aluviones recientes o de lecho de río, terrazas aluviales, llanuras aluviales, abanicos aluviales, coluviones, y suelos de llenos antrópicos de excavación.

Tabla 13. *Unidades Geológicas Superficiales (UGS) aflorantes en la Cuenca Calenturitas.*

<b>Litología</b>	<b>Proveniencia de la UGS</b>	<b>Nomenclatura</b>	<b>Descripción ugs</b>
Depósitos	Antrópico	<b>Staem</b>	Suelo Transportado, antrópico de excavación minera
		<b>Staru</b>	Suelo Transportado, antrópico de cortes y rellenos urbanos
	Aluvial	<b>Stalga</b>	Suelo Transportado, aluvial con gravas y arenas
		<b>Stfabga</b>	Suelo Transportado, fluvial de abanico con grava y arena
		<b>Stftzga</b>	Suelo Transportado, fluvial de terraza con grava y arena
	Coluvial	<b>Stllaag</b>	Suelo Transportado, de llanura aluvial con arena y grava
		<b>Strci</b>	Suelo Translocado, coluvial indiferenciado
Residual	In-situ	<b>Srarll</b>	Suelo Residual, arcillolitas y limolitas de la formación la Luna
		<b>Sralc</b>	Suelo Residual, arenisca y limolitas de la formación Cuesta
		<b>Srarcv</b>	Suelo Residual, arenisca y limolitas de la formación Cuervos
		<b>Srarm</b>	Suelo Residual, arcillolitas y limolitas de la formación Molino
		<b>Srcarcg</b>	Suelo Residual, intercalación de calizas y arcillolitas calcáreas del grupo Cogollo
Sedimentaria	Roca muy blanda	<b>Rmbarcv</b>	Roca muy Blanda arcillolitas y limolitas de la formación Los Cuervos
		<b>Rmbarll</b>	Roca muy Blanda, arcillolitas y limolitas de la formación la Luna
		<b>Rmbcarg</b>	Roca muy Blanda, calizas y arcillolitas calcáreas del grupo Cogollo

Litología	Proveniencia de la UGS	Nomenclatura	Descripción ugs
	Roca blanda	<b>Rbalr</b>	Roca blanda, intercalación de areniscas y limolitas de la formación Ríonegro
		<b>Rbcarcg</b>	Roca blanda, intercalación de calizas y arcillolitas calcáreas del grupo Cogollo
	Roca intermedia	<b>Rimsv</b>	Roca Intermedia, meta sedimentaria de la formación la Virgen
Metamórfica		<b>Riaq</b>	Roca Intermedia, areniscas de La Quinta

Además de la interpretación realizada en oficina, en campo se diligencio el formato para la Caracterización de Suelos y Rocas; complementándolo con un registro fotográfico de las labores realizadas. En este formato se especifican propiedades de las rocas tales como el tamaño de grano, fábrica, rasgos de esfuerzos, dureza, color y composición. Mientras que para los suelos se describe su color, tamaño, consistencia, humedad, estructuras y la forma de los clastos. La intersección de la información cartográfica relacionada con zonas inestables y la información de unidades geológicas superficiales UGS (cualitativo) permitieron determinar y seleccionar claramente los sitios objeto de control y muestreo. a continuación, se muestra el mapa de unidades geológicas superficiales para la Cuenca del Río Calenturitas.

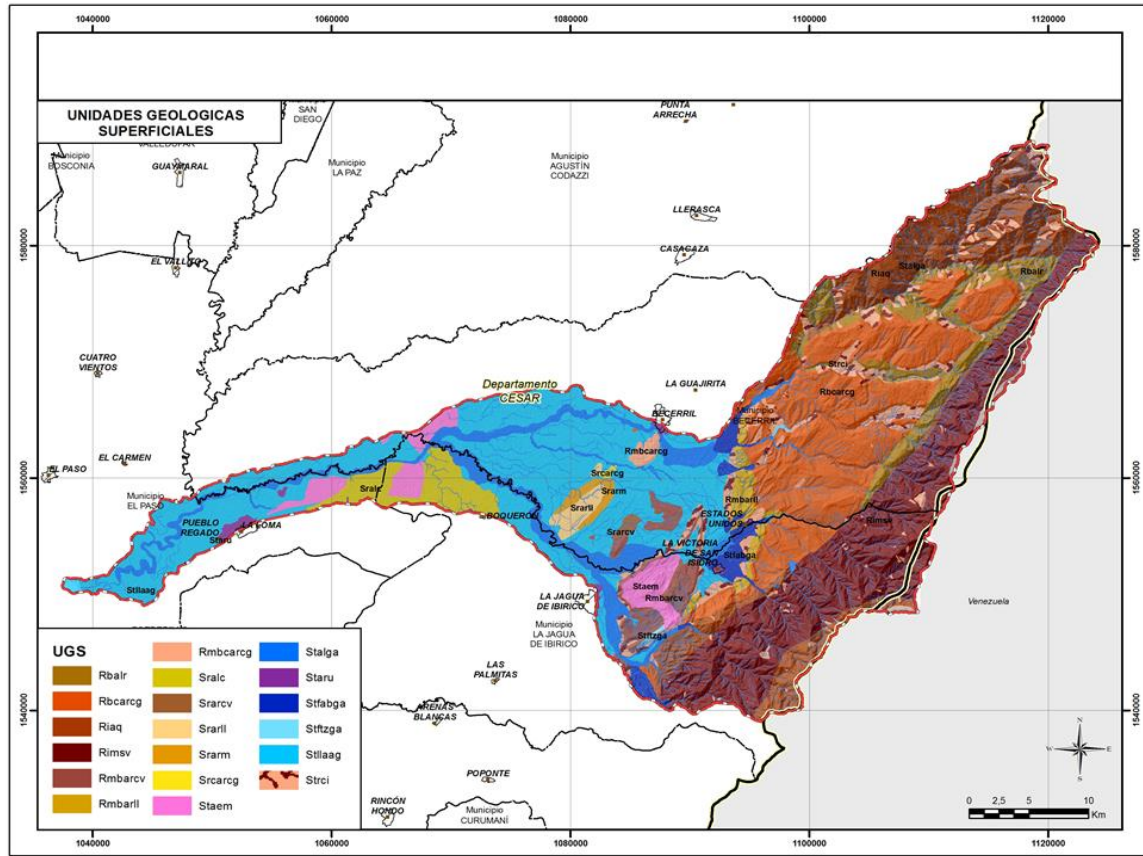


Figura 50. Unidades Geológicas Superficiales de la Cuenca del Río Calenturitas.

Actividades de campo fueron dirigidas a efectuar el control cartográfico de las Unidades Geológicas Superficiales (UGS)

Tabla 14. Puntos de caracterización de las Unidades Geológicas Superficiales.

No. Estación	Coordenadas		Altura GPS (msnm)	UGS	
	E (m)	N (m)		SUELO	ROCA
<b>CC-01</b>	1083317	1550715	121	X	
<b>CC-02</b>	1099717	1553219	551		X
<b>CC-03</b>	1097982	1553086	463		X
<b>CC-04</b>	1095535	1553577	424		X
<b>CC-05</b>	1094741	1553215	270	X	X
<b>CC-06</b>	1093327	1552846	225	X	
<b>CC-07</b>	1092965	1552511	225	X	

No. Estación	Coordenadas		Altura GPS (msnm)	UGS	
	E (m)	N (m)		SUELO	ROCA
<b>CC-08</b>	1090657	1553042	172		X
<b>CC-09</b>	1087435	1562196	121	X	X
<b>CC-10</b>	1087387	1563927	118	X	
<b>CC-11</b>	1088493	1553904	164	X	X
<b>CC-12</b>	1104614	1558312	903		X
<b>CC-13</b>	1086628	1558743	123		X
<b>CC-14</b>	1086033	1556209	112	X	
<b>CC-15</b>	1087122	1560642	117	X	
<b>CC-16</b>	1047452	1553458	41	X	
<b>CC-17</b>	1048501	1556980	48	X	
<b>CC-18</b>	1057603	1560317	56	X	
<b>CC-19</b>	1054883	1557353	53	X	
<b>CC-20</b>	1070481	1562305	73	X	
<b>CC-21</b>	1093038	1.548.842	776		X
<b>CCJR-APQ0</b>	1557497	1090938	173	X	
<b>CCJR-APQ3</b>	1545161	1087385	273	X	
<b>CCAP-APQ5</b>	1557898	1093471	187	X	
<b>CCJR-APQ6</b>	1561537	1092787	157	X	
<b>CCJR-APQ9</b>	1563111	1095754	207	X	
<b>CCJR-APQ11</b>	1562799	1095696	205	X	
<b>CCAP-APQ13</b>	1556326	1095597	256	X	
<b>CCJR-APQ14</b>	1559033	1086723	126	X	
<b>CCJR-APQ15</b>	1555858	1086385	121	X	
<b>CCJR-APQ16</b>	1556317	1084717	108	X	
<b>CCJR-APQ17</b>	1550596	1093704	254	X	
<b>CCAP-APQ19</b>	1553637	1094624	264	X	
<b>CCJR-APQ22</b>	1566363	1095141	210	X	
<b>CCJR-APQ32</b>	1556983	1082280	117	X	
<b>CCAP-APQ33</b>	1556765	1103383	666	X	

**9.3.1. Suelos transportados.** Esta unidad corresponde a material que ha sufrido algún tipo de transporte, en este caso se refiere a materiales transportados por efectos de la gravedad, movimientos en masa, actividad antrópica, corrientes de agua y principalmente la lluvia, los suelos transportados están conformados por clastos de diferente composición litológica, se

pueden hallar embebidos en una matriz limosa a limo-arenosa, varían de compactos a moderadamente compactos. Los suelos transportados se clasifican a continuación:

**9.3.1.1. Suelo transportado, antrópico de excavación minera (Staem).** Corresponden a materiales heterogéneos dispuestos por el hombre, generalmente caóticamente o en sitios establecidos para su deposición, con el objeto de cumplir los requerimientos de los diseños de obras de minería. Están compuestos principalmente por material limo-arenoso de colores variables, predominantemente marrón amarillento a negro, los cuales son rellenos por actuales actividades mineras de explotación a cielo abierto de carbón.



*Figura 51.* Zona de relleno por excavación minera (Staem), Vereda El Hatillo. Estación CC19, 1557353 m.N y 1054883 m.E.

**9.3.1.2. Suelo transportado, antrópico de cortes y rellenos urbanos (Staru).** Material heterogéneo conformado por limo, arena y grava, en ocasiones con presencia de materia

orgánica, producto de cortes y rellenos asociados a los cascos urbanos de los municipios dentro de la cuenca.

**9.3.1.3. Suelo transportado, aluvial (Stalga).** Material areno-gravoso de color variable, principalmente marrón oliva claro a marrón amarillento moderado, compuesto por arena de tamaño de grano fino a grueso y gravas redondeadas a sub-angulares, son depósitos no consolidados.

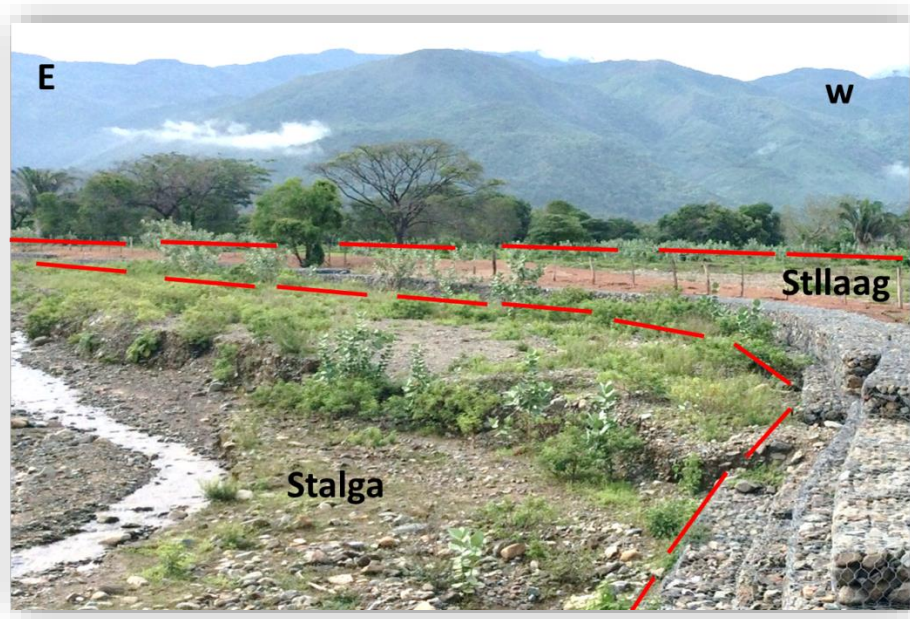


Figura 52. Suelo aluvial (Stalga), y llanura aluvial (Stllaag), Vereda La Victoria. Estación CC07, 1552513 m.N y 1092961 m.E.

**9.3.1.4. Suelo transportado, fluvial de abanico (Stfabga).** Depósitos de piedemonte de material no consolidado, conformados por cantos y bloques heterométricos sub-angulares a sub-redondeados, localmente se encuentran material Gravoso con matriz areno-limosos y areno-gravosos.

**9.3.1.5. Suelo Transportado, fluvial de terraza (Stftzga).** Se compone de bloques, cantos, gravas con angulosidad redondeada a sub-angular, con matriz arenosa a areno-lodosa de color principal marrón amarillento moderado.



*Figura 53.* Terraza aluvial, Vereda Las Minas. Estación CC10, 1563927m.N y 1087387m.E.

**9.3.1.6. Suelo Transportado, llanura aluvial (Stllaag).** Depósitos cuaternarios con mayor extensión dentro de la Cuenca baja del Río Calenturitas, se caracterizan por ser depósitos de baja pendiente, los cuales conforman una extensa planicie, compuesta principalmente por arena, arcilla y gravas.



Figura 54. Llanura aluvial, Vereda La Loma. Estación CC17, 1556980 m.N y 1048501 m.E.

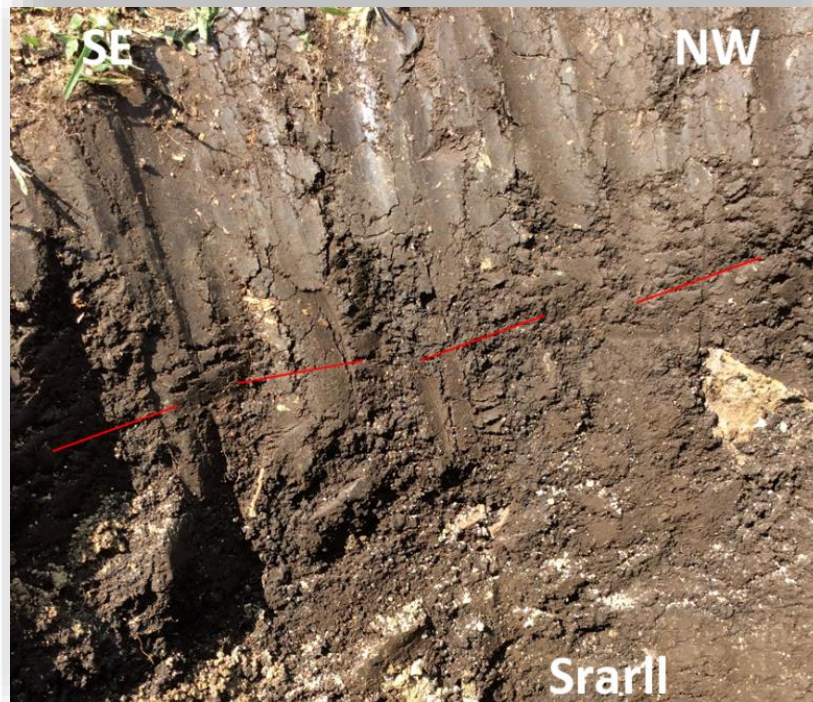
**9.3.1.7. Suelo Translocado, coluvial indiferenciado (Strci).** Son acumulaciones constituidas por materiales de diverso tamaño de litología homogénea, englobados en una matriz variable, lodosa y arenosa que se distribuye irregularmente en las vertientes del territorio montañoso, habiéndose formado por alteración y desintegración in situ de las rocas ubicadas en las laderas superiores adyacentes y la acción de la gravedad.



*Figura 55.* Suelo translocado coluvial, Vereda La Loma. Estación CC17, 1556980m.N y 1048501m.E.

**9.3.2. Suelos residuales.** Los suelos residuales son un material proveniente del proceso de meteorización de la roca in situ y que no ha sido transportado de su lugar de origen. Estos suelos son encontrados en gran parte de la Cuenca del Río Calenturitas, principalmente asociados con rocas blandas donde los fenómenos de meteorización son más intensos, los perfiles de meteorización pueden alcanzar hasta 8 metros, y pueden poseer características geotécnicas completamente distintas a aquellas observadas en suelos transportados.

**9.3.2.1. Suelo Residual, arcillolitas y limolitas de la Formación la Luna (Srarll).** Material arcillo-limoso de colores que varían marrón amarillento palido a ocre, producto de la meteorización de limolitas, arcillolitas, calizas y lodolitas bituminosas hacia la parte media y el techo; capas de chert que hacen parte de la formación luna.



*Figura 56.* Suelo residual de la Formación Luna, Vereda Manantial Bajo. Estación CCAP-APQ05, 1557898m.N. y 1093471m.E

**9.3.2.2. Suelo Residual, arenisca y limolitas de la Formación Cuesta (Sralc).** Secuencia intercalada de areniscas de grano medio y lodolitas con estratificación cruzada y con intercalaciones delgadas de costras ferruginosas, además se encuentran areniscas conglomeráticas poco consolidadas amarillentas.

**9.3.2.3. Suelo Residual, arenisca y limolitas de la Formación Cuervos (Srarcv).** Material limo-arenoso de color marrón amarillento moderado a amarillento producto de la meteorización de arcillolitas negras y gris verdosos; limolitas y areniscas de grano fino con mantos de carbón.



*Figura 57.* Suelo residual de la Formación Cuervos. Estación CC13, N: 1558743m.N. y 1086628m.E.

**9.3.2.4. Suelo Residual, arcillolitas y limolitas de la Formación Molino (Srarm).** Suelo residual, de la Formación Molino, compuesto por limo y arcilla, de consistencia blanda, plasticidad baja, masivo y bien seleccionado, producto de la intensa meteorización de rocas sedimentarias tipo lodolitas con glauconita de edad Cretácica.



Figura 58. Suelo residual de la Formación Molino, Vereda Buenavista. Estacin CCJR-APQ32, N: 1556983m.N. y 1082280m.E.

**9.3.2.5. Suelo Residual, intercalación de calizas y arcillolitas calcáreas del grupo Cogollo (*Srarcrg*).** Material limo-arcilloso de color naranja pálido, producto de la intensa meteorización de capas gruesas de calizas fosilíferas con niveles de lodolitas calcáreas interestratificadas, calizas lumaquéticas y lutitas calcáreas (parte inferior); Lodolitas calcáreas masivas, lutitas calcáreas carbonosas con concreciones entre 10 y 30 cm, lodolitas calcáreas carbonosas masivas y areniscas de grano muy fino calcáreas y generalmente glauconíticas (parte media). Calizas lumaquéticas, (parte superior).



Figura 59. Suelo residual (Srcarcg) y Roca muy blanda (Rmbcarcg) del Grupo Cogollo, Vereda Sororia. Estación CCJR-APQ3, N: 1545761m.N. y 1087385m.E.

**9.3.3. Unidades de roca.** En la cartografía geológica para ingeniería, la clasificación de rocas está basada en las propiedades físicas de dichos materiales y en su estado actual dependiendo de la combinación de factores como el origen, la diagénesis, la historia tectónica, el metamorfismo y los procesos de meteorización, los cuales rigen el comportamiento mecánico de los materiales (resistencia, deformabilidad, durabilidad, y permeabilidad, entre otros).

**9.3.3.1. Roca muy Blanda, calizas y arcillolitas calcáreas del Grupo Cogollo (Rmbcarcg).** Capas gruesas de calizas fosilíferas con niveles de lodolitas calcáreas interestratificadas, calizas lumaquéticas y lutitas calcáreas (parte inferior); Lodolitas calcáreas masivas, lutitas calcáreas carbonosas con concreciones entre 10 y 30 cm, lodolitas calcáreas carbonosas masivas y

areniscas de grano muy fino calcáreas y generalmente glauconíticas (parte media). Calizas lumaquéllicas, (parte superior).

**9.3.3.2. Roca muy Blanda arcillolitas y limolitas de la Formación Los Cuervos (Rmbarcv).**

Esta unidad corresponde a roca altamente meteorizada compuesta por alternancia de arcillolitas negras y gris verdosos; limolitas y areniscas de grano fino con mantos de carbón.

**9.3.3.3. Roca muy Blanda, arcillolitas y limolitas de la Formación la Luna (Rmbarll).**

Intercalaciones de limolitas color gris medio, lutitas negras carbonosas y calcáreas, arcillolitas, calizas y lodolitas bituminosas hacia la parte media y el techo; capas de chert centimétricas hacia la base; concreciones y nódulos calcáreos, centimétricos a decimétricos son comunes en toda la secuencia.

**9.3.3.4. Roca blanda, intercalación de areniscas y limolitas de la Formación Ríonegro (Rbalr).** Areniscas de grano fino a grueso y conglomerados, en capas de hasta un metro de espesor, de color gris claro, con manchas rojizas intercaladas con niveles de lutitas y limolitas negras (parte inferior). Capas gruesas de conglomerado de grano grueso y lutitas. Las capas lutíticas y limolíticas intercaladas en la secuencia, son de color gris oscuro a negro, finamente laminadas y con restos de vegetales.



Figura 60. Roca blanda de la Formación Ríonegro. Vereda El Progreso. Estación CC12, 1 558 313m.N y 1 104 610m.E.

**9.3.3.5. Roca blanda, intercalación de calizas y arcillolitas calcáreas del Grupo Cogollo (Rbcarcg).** Capas gruesas de calizas fosilíferas con niveles de lodolitas calcáreas interestratificadas, calizas lumaquélicas y lutitas calcáreas (parte inferior); Lodolitas calcáreas masivas, lutitas calcáreas carbonosas con concreciones entre 10 y 30 cm, lodolitas calcáreas carbonosas masivas y areniscas de grano muy fino calcáreas y generalmente glauconíticas (parte media). Calizas lumaquélicas, (parte superior).

**9.3.3.6. Roca Intermedia, areniscas de La Quinta (Riaq).** Areniscas de color marrón a rojo oscuro, areniscas arcósicas grises con fragmentos de vegetales y carbón y a veces rocas calcáreas grises (parte inferior). Intercalaciones de Areniscas marrón oscuro a verdes y lutitas rojas a negras. Escasas calizas (parte Media). Areniscas rojas oscuras a marrón (localmente

conglomeráticas, parte superior). Rocas volcánicas piroclásticas a lo largo de toda la secuencia. Riolitas y dacitas más abundantemente hacia la parte media superior, aunque se observan también en la parte inferior. Andesitas y basaltos escasas y se observan hacia la parte media y superior.



*Figura 61.* Roca intermedia de la Formación la Quinta (Riaq). Vereda Las Delicias. Estación CC-R22b, 1 548 846m.N y 1 093 037m.E.

#### *9.3.3.7. Roca Intermedia, metasedimentaria de la Formación la Virgen (Rimsv).*

Intercalaciones de metarenitas de grano fino de color marrón rojizo oscuro, gris oscuro a gris oliva, con granos subangulares de baja esfericidad, los clastos son de tamaño gránulo a guijarro, metalodolitas de color gris claro, gris oscuro y azul grisáceo; filitas de color negro verdoso a gris amarillento; metaconglomerados con matriz de color gris oliva claro, compuestos por cuarzo y líticos.

## 10. Conclusiones

- Litológicamente la Cuenca del Río Calenturitas corresponde principalmente rocas de origen sedimentario, de edades entre el Triásico superior a Plioceno. Alrededor del 50% de la Cuenca se encuentra cubierta por depósitos cuaternarios recientes (Holoceno).
- La Cuenca alta del Río Calenturitas se encuentra litológicamente compuesta por rocas, sedimentarias, volcanosedimentaria, y metasedimentaria, las cuales están afectadas principalmente por fallas de cabalgamiento con dirección NE, y por fallas de rumbo con dirección W.
- Hacia la Cuenca media del Río Calenturitas, afloran rocas sedimentarias del Grupo Cogollo (**K1K2cg**) y la Formación La Luna (**K2l**) y las cuales están dispuestas en capas, compuestas por limolitas, arcillolitas, y calizas, afectadas tectónicamente por la Falla Arenas Blancas y la Falla del Perijá.
- La Cuenca baja del Río Calenturitas, hace parte de la planicie del Cesar conformada por depósitos aluviales poco consolidados, y ocasionalmente afloran rocas blandas, y suelos residuales de la Formación la Luna (**K2l**), Formación Molino (**K2m**), Formación Los Cuervos (**E1c**), Formación Barco (**E1b**), y Formación Cuesta (**N1N2c**).
- La Cuenca alta del Río Calenturitas presenta una complejidad estructural, evidenciada en la dirección de las fallas, producto principalmente de la tectónica compresiva, donde la subducción y subcabalgamiento de la placa Caribe bajo el continente suramericano genera un esfuerzo compresivo hacia el SE.

- Dentro de la Cuenca media y alta del Río Calenturitas se reconocen tres tipos de fallas, fallas de dirección NE-SW, fallas de dirección NW-SE a W-E, y Falla Perijá (N-S).
- Las fracturas más importantes de la Cuenca de carácter regional son: Falla Perijá, Falla el Tigre, Falla Arenas Blancas, Falla Nueva Granada, y la Falla Canime, las cuales corresponden a fallas de cabalgamiento, y la Falla Bucaramanga, Falla del Río Maracas, Falla Boquete, Falla Yoba, Falla San Genaro, Falla Sokorpa, y la Falla Hondina las cuales son fallas direccionales.
- Los pliegues presentes en la Cuenca del Río Calenturitas hacen parte del gran sinclinorio de La Jagua y forman un bloque estructural definido de dirección N-NE y un gran anticlinorio, en la Serranía del Perijá.
- Los plegamientos más importantes de la Cuenca de carácter regional son: el Sinclinal de La Loma, Anticlinal de Tucuy, Sinclinal de Los Venados, Anticlinal de La Estancia, Anticlinal Becerril, Sinclinal de Buenavista, Anticlinal de Paraíso, Sinclinal de La Jagua, Anticlinal de La Jagua, Sinclinal Ojinegro, Anticlinal Nueva Granada, y el Monoclinal de Cerro Largo.
- Los depósitos cuaternarios, asociados a los movimientos en masa, se concentran hacia la Serranía del Perijá, y están asociados principalmente a las formaciones: Unidad Metasedimentaria de La Virgen (**PZmv**), La Quinta (**T3Jq**), Ríonegro (**K1r**), El Grupo Cogollo (**K1K2cg**), La Luna (**K2l**).
- La Cuenca alta del Río Calenturitas está compuesta superficialmente por roca intermedia (**Ri**), roca blanda (**Rb**) y suelos transportados (**St**), principalmente de la Formación La Quinta (**T3Jq**) y el Grupo Cogollo (**K1k2cg**).
- En la Cuenca baja del Río Calenturitas predominan los suelos transportados (**St**), de origen aluvial y suelos residuales (**Sr**), de litologías blandas de la Formación la Luna (**K2l**), Formación Los Cuervos (**E1c**), y Formación Cuesta (**N1N2c**).

- La Cuenca del Río Calenturitas en general presenta cuatro ambientes morfogenéticos predominantes que son: Ambiente Estructural (**S**), Ambiente Denudacional (**D**), Ambiente Fluvial (**F**), y Ambiente Antropogénico (**A**), (SGC-metodología Carvajal-2011).
- Los diferentes procesos tectónicos a los cuales ha estado sometida la Cuenca del Río Calenturitas ha modelado un paisaje de altas montañas (**M**), de litología metasedimentaria, lomeríos (**L**), en rocas sedimentarias, un piedemonte (**R**), con abundantes depósitos asociados, valles (**V**), pronunciados, peneplanicies y extensas planicies (**P**) aluviales, (IGAC- Metodología Zinck, 2012).
- La Subcuenca del Río Maracas se encuentra localizada dentro del municipio de Becerril, y a modelado un llanura aluvial (**Flla**), y a su vez una planicie de inundación (**Fpi**), en la que se encuentran ocasionalmente geoformas como montículos remanentes disectados (**Dmred**) y abanicos aluviales (**Faa**), (SGC-metodología Carvajal-2011), y ha modelado un paisaje de planicie (**P**) y valle (**V**), (IGAC- Metodología Zinck, 2012).
- La Subcuenca del Río Maracas Alto, se encuentra sobre paisajes de lomerío (**L**), y montaña (**M**), en donde prima el ambiente estructural (**S**) y el ambiente Denudacional (**D**), con geoformas como las laderas estructurales (**Sl**) y las laderas erosivas (**DI**), asociadas principalmente a rocas de origen sedimentario.
- La Subcuenca de la Quebrada Socomba, en el municipio de Becerril, predominan geoformas de ambientes estructurales (**S**), denudacionales (**D**), y fluviales (**F**), (SGC-metodología Carvajal-2011), dentro de las que se encuentran las laderas disectadas de rampa frontal (**Dldrf**), las laderas estructurales (**Sl**), los cerros aislados (**Sca**), y la planicie de inundación de la Subcuenca (**Fpi**). A su vez en la Subcuenca se aprecian de paisajes de lomerío (**L**), y montaña (**M**), (IGAC- Metodología Zinck, 2012).

- La Subcuenca del Arroyo Batatal, en el municipio de Becerril, predominan las geoformas facetas triangulares (**Sft**), de ambiente estructural (**S**), y hacia el piedemonte laderas estructurales de sinclinal y anticlinal, asociadas a depósitos coluviales recientes (**Dco**).
- La Subcuenca del Río Tucuy Alto, presenta una gran complejidad estructural y variedad de formas del terreno, dentro de las que se encuentran: Las silletas de falla (**Ssf**), facetas triangulares (**Sft**), laderas disectadas de rampa frontal (**Dldrf**), laderas erosivas muy disectadas (**Dlemd**), depósitos coluviales (**Dco**), coronas de movimiento en masa (**Dcmm**), y laderas con movimiento en masa (**Dlmm**), zonas mineras, zonas urbanas, depósitos aluviales y depósitos coluviales, (SGC-metodología Carvajal-2011). A su vez el paisaje predominante de la Subcuenca son de montaña (**M**), lomerío (**L**), valle (**V**), y piedemonte (**R**), (IGAC- Metodología Zinck, 2012).
- La Subcuenca del Río Tucuy Bajo, se encuentra localizada entre el municipio de Becerril y La Jagua de Ibirico, en donde se ha modelado una llanura aluvial (**Flla**), y a su vez una planicie de inundación (**Fpi**), en la que se encuentran ocasionalmente incluidas geoformas como Peneplanicie de antiguos macizos (**Dpam**), (SGC-metodología Carvajal-2011), y ha modelado un paisaje de planicie (**P**) y valle (**V**), (IGAC- Metodología Zinck, 2012).
- La Subcuenca del Río Sororia, localizada sobre la Serranía del Perijá, en el municipio de La Jagua de Ibirico, en donde predominan los procesos erosivos, modelando geoformas principalmente de origen Denudacional (**D**), (SGC-metodología Carvajal-2011), o erosional (**E**), (IGAC- Metodología Zinck, 2012), dando lugar a las laderas disectadas de rampa frontal (**Dldrf**), laderas erosivas muy disectadas (**Dlemd**), en paisaje de lomerío (**L**) y de montaña (**M**), (IGAC- Metodología Zinck, 2012).

- La Subcuenca del Río Calenturitas, se encuentra localizada entre los municipios del Paso, Becerril, y la Jagua de Ibirico, sobre geoformas de origen fluvial (F), antrópico (A), y denudacional (D), donde se ha modelado una llanura aluvial (Flla), y a su vez una planicie de inundación (Fpi), en la que se encuentran ocasionalmente incluidas geoformas como Peneplanicie de antiguos macizos (Dpam), y zonas mineras de explotación de carbón (Azme), (SGC-metodología Carvajal-2011), y ha modelado un paisaje de planicie (P) y valle (V), (IGAC-Metodología Zinck, 2012).

### Referencias Bibliográficas

- Arias, A., & Morales, C., (1999). Geología del Departamento de Cesar. Bogotá: INGEOMINAS.
- Bieniawski, Z. T. (1976) Rock mass classification in rock engineering. In exploration for rock engineering, proc. Of the symp. Pages 97-106.
- Caceres, C., Cediell F. & Ujueta G., (1976). Mapa Geológico de Colombia, a escala 1:1'000.000. Bogotá.
- Cáceres, H.; Camacho, R.; Reyes, J. (1980). Guide book to the book to the geology of the Ranchería Basin. Soc. Col. Geol. Geofis. Petr.
- Carvajal, H., Cortes, R., Olarte, J., & Calderón, Y. (2003) Proyecto compilación, levantamiento de la información Geo-Mecánica. INGEOMINAS. 2004 CATALÁN J. Geología estructural y dinámica global. Departamento de Geología, España, Universidad de Salamanca, Caps. 2 y 3.
- Carvajal, J. H.. (2002). Caracterización de la metodología geomorfológica adaptada por INGEOMINAS. Documento interno INGEOMINAS sometido a discusión y modificaciones. 13p. Bogotá.
- Carvajal, J. H. (2002<sup>a</sup>). Documentación detallada del modelo de datos para la faceta de geomorfología. Documento INGEOMINAS preliminar, sometido a discusión y modificaciones. 48p. Bogotá.
- Carvajal, J. H. (2011). Propuesta de Estandarización de la Cartografía Geomorfológica en Colombia. Documento interno INGEOMINAS. 21-28p. Bogotá.
- Carrillo, E. (1995). Creating a GIS database for seismic and geotechnical microzonation of the metropolitan area of Bucaramanga – Colombia. Thesis to ITC. Division of the Applied

- Geomorphological and Engineering Geological Surveys. Department of Earth Resources Surveys. 118 p. Holanda.
- Chacon, J., Irigary, C., & Fernandez, T. (2006) Engineering geology maps: landslides and geographical information systems. Bulletin of Engineering Geology and the Environment.
- García, L. E. (2015) Desarrollo de la normativa sismo resistente colombiana en los 30 años desde su primera expedición; P. 73-74.
- Gonzalez Jimenez, J. et al. (2002) Geología de las planchas 40 BOSCONIA y 47 CHIRIGUANÁ. Bogotá, P. 78. P.83. P.87. P. 94.
- Goudie, A. (2006). Encyclopedia of Geomorphology. International Association of Geomorphologists. Taylor & Francis e-Library. Volume 1. USA.
- Hernandez, M. & Clavijo, J., (2002). Mapa Geológico de la plancha 48 -La Jagua de Ibirico. INGEOMINAS, Bogotá.
- Hernandez, M., (2003). Geología de Plancha 48 - La Jagua de Ibirico, escala 1:100 000. Memoria Explicativa. INGEOMINAS, 103 pág. Bogotá.
- IDEAM. (2012) Metodología para la zonificación de susceptibilidad general del terreno a los movimientos en masa. Bogotá,. Pág. 19.
- IDEAM. (2010). Sistemas Morfogénicos del Territorio Colombiano. 252p. Bogotá.
- INGEOMINAS (2007). Zonificación de amenazas por movimientos de remoción en masa de algunas laderas de los municipios de Bucaramanga, Floridablanca y Girón. Capítulo de geomorfología. Geo-amenazas. Ingeominas. Bogotá.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi -IGAC-. (2007). Manual de campo para levantamiento de suelos y tierras. Bogotá.

- Instituto Geográfico Agustín Codazzi -IGAC-. (2014). Instructivo Manual de Codigos para los levantamientos de suelos. Bogotá.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi -IGAC-. (2014). Metodología para el Levantamiento de suelos. Bogotá.
- Maze, W. (1984). Jurassic La Quinta Formation in the Sierra de Perijá northwestern Venezuela. geology and tectonic enviroment of red beds and volcanic rocks. Geol. Soc. Ame. Mem. 162, 263-282.
- Mendivelso, D. (2009). El sistema ITC para el levantamiento geomorfológico y análisis del terreno (tomado y adoptado como material de apoyo para el curso de movimientos en masa). Documento INGEOMINAS. Páginas 15 – 20. Bogotá.
- Mendivelso, D. (2008). Metodología para los levantamientos fotogeológicos. Memorias curso de fotogeología, Geomorfología y aplicaciones de la percepción remota. INGEOMINAS, documento inédito. 29 p. Bogotá.
- Morales, C.J.; ARIAS, A. (1999); Mapa Geológico generalizado del departamento del Cesar memoria explicativa; INGEOMINAS; P. 14.
- Van Zuidam, R. (1986). Aerial photo interpretation in terrain analysis and geomorphical mapping. International Institute for Aerospace Survey ad Earth Science. ITC. 442p Smits Publishers. The Hauge. The Netherlands.
- Vargas-Jiménez, C. A.; Pujades, L. G.; Ugalde, A.; Canas, J. A. (2002); Estado de deformación y esfuerzos en el territorio colombiano; Rev. acad. Colomb. Cienc.: volumen XXVI, número 100. P. 374-375. P. 381-385.
- Verstappen and Van Zuidam. (1992). El sistema ITC para levantamientos geomorfológicos. Publicación ITC No. 10. Villanueva de Huelva.
- Zinck, A. (2012). Geopedología. Elementos de geomorfología para estudios de suelos y de riesgos naturales. Faculty of Geo-Information Science and Earth Observation Enschede, The Netherlands. 67p. Holanda.

Zinck, A. (1987). Aplicación de la geomorfología al levantamiento de suelos en zonas aluviales y definición del ambiente geomorfológico con fines de descripción de suelos. ITC, Enschede, The Netherlands.