



**CONVENIO ESPECIAL DE COOPERACIÓN  
No. 15 DE 2017 SGC - UPTC**

**MEMORIA EXPLICATIVA DEL MAPA GEOMORFOLÓGICO APLICADO A  
MOVIMIENTOS EN MASA ESC 1:100.000  
PLANCHA 169 – PUERTO BOYACÁ**

**Sogamoso, Septiembre de 2018**



## **SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO ©**

Oscar Paredes Zapata  
**Director General**

Gloria Lucia Ruíz Peña  
**Supervisión Convenio**

Sofía del Rosario Navarro Alarcón  
**Coordinador Grupos**

Juan Montero Olarte  
**Asesor Geomorfología**

Jorge Leonardo Chaparro Cordón  
**Geomorfología**

Carlos Andrés Gamboa  
**Sistema de Información Geográfica**

Ángela María Galindo Sáchica  
Leonardo Méndez Barón  
Francisco Uribe Rojas  
**Inventario y Catálogo de Movimientos en Masa - SIMMA**

### **AUTOR**

Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia

### **Grupo de trabajo**

Héctor Antonio Fonseca Peralta  
Ernesto Gutiérrez Gutiérrez  
Jorge Alirio Corredor Cuervo  
Diego David Fonseca Reyes  
Mónica Johana Barrera Baracaldo

## CONTENIDO

RESUMEN	5	
ABSTRACT	6	
INTRODUCCIÓN	7	
1	CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL ÁREA	21
1.1	Características geológicas generales	21
1.1.1	Unidades litológicas	22
1.1.2	Geología estructural	26
1.2	Características climatológicas de la zona de estudio	29
1.3	Características de los suelos de la zona de estudio	30
2	GEOMORFOLOGÍA DE LA PLANCHA 169 – PUERTO BOYACÁ	33
2.1	Geoformas de origen denudacional	36
2.1.1	Cono de deslizamiento indiferenciado (Ddi)	38
2.1.2	Cono y lóbulo coluvial y de solifluxión (Dco)	40
2.1.3	Escarpe de erosión mayor (Deem)	40
2.1.4	Ladera ondulada (Dlo)	41
2.1.5	Loma denudada (Dld)	42
2.1.6	Loma residual (Dlor)	43
2.1.7	Lomeríos disectados (Dldi)	44
2.1.8	Lomeríos muy disectados (Dlmd)	45
2.1.9	Lomeríos poco disectados (Dlpd)	46
2.1.10	Lomo denudado bajo de longitud corta (Dldebc)	47
2.1.11	Lomo denudado bajo de longitud larga (Dldebl)	47
2.1.12	Lomo denudado moderado de longitud larga (Dldeml)	48
2.1.13	Lomo residual (Dlres)	49
2.1.14	Montículo y ondulaciones denudacionales (Dmo)	50
2.1.15	Planicie (Dp)	51
2.2	Geoformas de origen fluvial y lagunar	52
2.2.1	Barra puntual (Fbp)	54
2.2.2	Barra longitudinal (Fbl)	55
2.2.3	Barrera compuesta (Fbc)	56
2.2.4	Cauce aluvial (Fca)	56
2.2.5	Escarpe de terraza de acumulación (Ftae)	57
2.2.6	Escarpe de terraza de erosión (Ftee)	58
2.2.7	Laguna (Flg)	58
2.2.8	Planicie aluvial confinada (Fpac)	59
2.2.9	Plano o llanura de inundación (Fpi)	60

2.2.10	Terraza de acumulación (Fta)	60
2.2.11	Terrazas de acumulación subcreciente (Ftas)	61
2.2.12	Terraza de erosión (Fte)	62
2.3	Geoformas de origen estructural	63
2.3.1	Cerro estructural (Sce)	65
2.3.2	Espinazo (Se)	66
2.3.3	Ladera de contrapendiente de cuesta (Sclc)	67
2.3.4	Ladera de contrapendiente de espinazo (Selc)	68
2.3.5	Ladera de contrapendiente de sierra anticlinal (Ssalc)	69
2.3.6	Ladera contrapendiente de sierra homoclinal (Sshlc)	70
2.3.7	Ladera de contrapendiente de sierra sinclinal (Ssslc)	71
2.3.8	Ladera de contrapendiente suave (Slcps)	72
2.3.9	Ladera estructural de cuesta (Scle)	73
2.3.10	Ladera estructural de espinazo (Sele)	73
2.3.11	Ladera estructural de sierra anticlinal (Ssale)	74
2.3.12	Ladera estructural de sierra homoclinal (Sshle)	74
2.3.13	Ladera estructural de sierra sinclinal (Sssle)	75
2.3.14	Ladera estructural suave (Slesv)	75
2.3.15	Lomos (Sl)	76
2.3.16	Plancha (Sp)	77
2.3.17	Sierra (Ss)	78
2.3.18	Sierra anticlinal (Ssan)	79
2.3.19	Sierra homoclinal (Ssh)	80
2.3.20	Sierra sinclinal (Sss)	81
2.3.21	Sierra y lomo de presión (Sslp)	82
3	EVOLUCIÓN GEOMORFOLÓGICA	84
	CONCLUSIONES	88
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	90

## RESUMEN

El documento hace referencia a la caracterización de los ambientes y unidades geomorfológicas de la plancha 169 – Puerto Boyacá, situada entre el costado occidental del departamento de Boyacá, el borde suroeste de Santander, el extremo noroeste de Cundinamarca y una mínima extensión del sureste de Antioquia, esta área constituye un insumo indispensable para la zonificación de amenaza relativa por movimientos en masa escala a 1:100.000.

La presente memoria inicia con la explicación del proceso metodológico, seguido de una descripción de las características generales de la zona de estudio, para finalmente realizar una descripción detallada de la geomorfología según cada tipo de ambiente cartografiado. Las unidades descritas se encuentran fundamentadas en la *“PROPUESTA METODOLÓGICA SISTEMÁTICA PARA LA GENERACIÓN DE MAPAS GEOMORFOLÓGICOS ANALÍTICOS APLICADOS A LA ZONIFICACIÓN DE AMENAZA POR MOVIMIENTOS EN MASA ESCALA 1:100.000”* y en el glosario de unidades geomorfológicas Versión 3 (Servicio Geológico Colombiano (SGC), 2012). Su descripción está definida por la expresión morfológica, morfogenética y morfoestructural del terreno y su relación con los materiales litológicos. Adicionalmente dichas geofomas contienen una descripción cualitativa de su morfometría. El inventario de movimientos en masa realizado por el equipo de trabajo de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC) se realizó principalmente mediante la interpretación de imágenes de sensores remotos, es decir corresponden a catálogo de movimientos en masa, ya que dentro de la actividades descritas en el convenio no se encuentran labores de campo, los movimientos que se encuentran como inventario pertenecen al Convenio Interadministrativo 1610 de 2015 entre la Gobernación de Boyacá y UPTC, y se incluyó el inventario que se encuentra en la base de datos SIMMA y los movimientos en masa levantados por IDEAM para este bloque, sumadas estas fuentes deja como resultado 23 movimientos en masa para la plancha 169 – Puerto Boyacá.

En la elaboración de la cartografía geomorfológica fueron identificados tres ambientes morfogenéticos y 48 unidades geomorfológicas, el ambiente con mayor predominancia es el estructural con un 49,66%, seguido del ambiente denudacional que ocupa el 26,40% de área, y finalmente el ambiente fluvial y lagunar que corresponde con el 23,95% del área de la plancha.

## ABSTRACT

The document refers to the characterization of the environments and geomorphological units of sheet 169 – Puerto Boyacá, located between the western side of the department of Boyacá, the southwest edge of Santander, the northwest corner of Cundinamarca and a minimal extension of southeastern Antioquia, this area constitutes an indispensable input for the zoning of relative threat by mass movements scale to 1: 100.000.

This report begins with a methodological process, followed by a description of the general characteristics of the study area, to finally make a detailed description of the geomorphology according to each type of environment mapped. The units described are based on the "SYSTEMATIC METHODOLOGICAL PROPOSAL FOR THE GENERATION OF ANALYTIC GEOMORPHOLOGICAL MAPS APPLIED TO THE THREAD ZONING OF MOVEMENTS IN MASS SCALE 1: 100,000" and in the glossary of geomorphological units Version 3 (Colombian Geological Service (SGC), 2012). Its description is defined by the morphological, morphogenetic and morphostructural expression of the terrain and its relationship with lithological materials. Additionally, these landforms contain a qualitative description of their morphometry. The inventory of mass movements carried out by the work team of the Pedagogical and Technological University of Colombia (UPTC) was carried out mainly through the interpretation of remote sensing images, that is, they correspond to a catalog of mass movements, since within the activities described in the agreement are not field work, the movements that are found as inventory belong to the Interadministrative Agreement 1610 of 2015 between the Governorate of Boyacá and UPTC, and included the inventory that is in the database SIMMA and the mass movements raised by IDEAM for this block, together with these sources, resulted in 23 movements in mass for the sheet 169 – Puerto Boyacá.

In the elaboration of the geomorphological cartography, three morphogenetic environments and 48 geomorphological units were identified, the most predominant environment is the structural with 49,66% followed by the denudational environment, which occupies 26,40% of the total area and finally the fluvial and lagoon environment corresponding to 23,95% of the sheet area.

## INTRODUCCIÓN

La plancha 169 – Puerto Boyacá situada en estribaciones occidentales de la cordillera Oriental, hace parte del “Mapa Nacional de Amenaza relativa por movimientos en masa escala 1:100.000”. La cartografía geomorfológica con una escala de trabajo 1:100.000, genera una zonificación regional que constituye una herramienta informativa con base en la cual pueden definirse aspectos para diversas aplicaciones: conservación de áreas naturales, planificación y estudio de ecosistemas, evaluación de amenazas naturales, pero principalmente en el marco del presente estudio los fenómenos de movimientos en masa requieren un soporte geomorfológico que permita zonificar la amenaza relativa.

Esta plancha cubre parte del costado occidental del departamento de Boyacá involucrando los municipios de Otanche, Pauna, Puerto Boyacá y San Pablo de Borbur, también se incluye el borde suroeste de Santander con áreas de las poblaciones de Bolívar, Florián, La Belleza y Sucre, así mismo domina el extremo noroeste de Cundinamarca, donde se localiza en parte de los municipios de Puerto Salgar y Yacopí, finalmente abarca una pequeña extensión de Puerto Nare y Puerto Triunfo en el departamento de Antioquia.

El presente documento describe las características, rasgos y atributos geomorfológicos, representados a una escala de 1:100.000, localizados en el área de la plancha 169 – Puerto. La metodología utilizada fundamenta la obtención del mapa geomorfológico analítico, en donde se resalta, la génesis y los procesos morfodinámicos prevaletes en la zona de estudio. Adicionalmente constituye la base de información cartográfica geomorfológica y descriptiva, necesaria para la evaluación de la zonificación de amenaza por movimientos en masa.

La elaboración de la cartografía geomorfológica requirió el procesamiento de información primaria que contribuyera con la interpretación preliminar de unidades, geomorfológicas.

En la zona de estudio se identificaron unidades geomorfológicas pertenecientes a los ambientes estructural, denudacional y fluvial y lagunar, siendo el primero el más representativo por su distribución espacial. En cuanto a las unidades geomorfológicas que mayor área ocupan se tienen la Sierras anticlinales (Ssan), Laderas estructurales de sierra sinclinal (Sssle), Laderas de contrapendiente de sierra sinclinal (Ssslc), Lomeríos muy disectados (Dlmd), Montículos y ondulaciones denudacionales (Dmo), Planos o llanuras de inundación (Fpi) y Cauces aluviales (Fca).

## **OBJETIVO GENERAL**

Generar el mapa geomorfológico de la plancha 169 – Puerto Boyacá, escala 1:100.000, que sirva como insumo base para los estudios de zonificación de amenaza por movimientos en masa escala 1:100.000, apoyados en la “Propuesta Metodológica Sistemática para la Generación de Mapas Geomorfológicos Analíticos aplicados a la Zonificación de Amenaza por Movimientos en Masa escala 1:100.000” (SGC, 2012).

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Recopilar insumos básicos y temáticos útiles en la producción del mapa de unidades.
- Elaborar el mapa geomorfológico preliminar mediante la delimitación de los distintos ambientes morfo-genéticos y unidades geomorfológicas presentes en el área de estudio, con base a sus características morfológicas, litológicas y estructurales.
- Revisar y verificar las unidades y ambientes cartografiados.
- Generar el mapa geomorfológico final a escala 1:100.000 de la zona de estudio.
- Redactar la memoria explicativa del mapa geomorfológico.

## **LOCALIZACIÓN ÁREA DE ESTUDIO**

El área de interés se encuentra enmarcada por la plancha 169 – Puerto Boyacá, la cual cubre parte de las estribaciones occidentales de la cordillera Oriental, en jurisdicción principalmente del departamento de Boyacá, seguido de los departamentos de Cundinamarca y Santander, en menor proporción ocupa una mínima área del departamento de Antioquia.

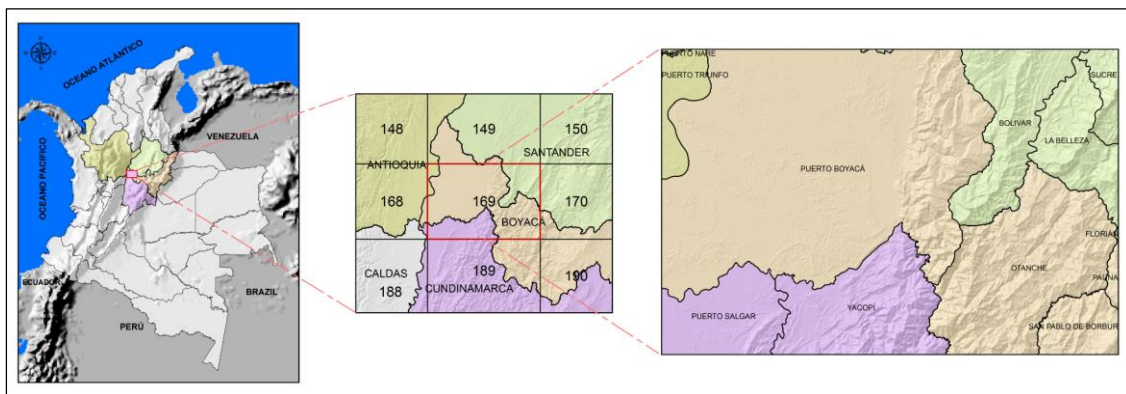
Dentro de la zona de estudio se encuentran yacimientos de hidrocarburos localizados principalmente en el borde noroeste de la plancha, en zona del Valle Medio del Magdalena, en el campo petrolífero Velázquez, campo explotado actualmente por Mansarovar Energy, cuenta con 320 pozos perforados, de los cuales 95 pozos se encuentran en producción, ocho son inyectores, 32 están cerrados y 185 están abandonado (Mansarovar Energy, 2017). Los minerales no metálicos son los recursos más importantes y recurrentes de la zona de estudio constituidos por calizas localizadas principalmente en alrededores del caserío de Puerto Romero, donde se presenta un volumen importante de rocas calcáreas que constituyen la Formación Puerto Romero, al igual que la Formación Rosablanca, también se encuentra los materiales de construcción



como las limolitas silíceas y chert pertenecientes a los grupos Guaguaquí y Olini, empleados de relleno para el afirmado de carreteras, las calizas y limolitas calcáreas de la Formación Córdoba y Grupo Guaguaquí utilizadas para mezclas en concreto, las arcillas y arcillolitas que conforman algunas unidades terciarias usadas en la fabricación de ladrillos y tejas.

El área de estudio presenta una red de vías de primer, segundo y tercer orden, también la componen carreteras sin pavimentar, pero en estado aceptable para el tránsito en cualquier época del año, comunicando las principales cabeceras municipales entre sí, las cuales se comunican a su vez con las diferentes veredas, corregimientos e inspecciones mediante vías terciarias y caminos de herradura.

El área de estudio se encuentra definida con un área de 2.400 km<sup>2</sup>, está enmarcada dentro de las coordenadas Datum Magna Bogotá N: 1.120.000 a N: 1.160.000 y E: 940.000 a E: 1.000.000 (figura 1).



**Figura 1.** Localización de la plancha IGAC 169 – Puerto Boyacá

Fuente: autores

## **METODOLOGÍA APLICADA**

El propósito de la cartografía geomorfológica es proporcionar información concisa y sistemática; sobre las formas del terreno, su origen, los tipos de materiales involucrados y los procesos naturales tanto antiguos como activos que los afectan, lo anterior con el fin de proporcionar la reconstrucción histórica, presente y futuro del relieve de una zona específica.

De acuerdo con el propósito fundamental del proyecto, la información geomorfológica de la plancha 169 – Puerto Boyacá, se representa en un mapa o plano escala 1:100.000, con una base de datos planteada para ser manejada con un sistema de información

geográfica (SIG). Para tal efecto, se siguen los lineamientos generales establecidos en la *Metodología I.T.C* (Verstappen y Van Zuidam, 1992) como cada elemento cartográfico, representados por símbolos, convenciones y colores, definidos en estándares de uso internacional, con modificaciones establecidas por Carvajal (2012).

Las unidades de relieve se definen de la siguiente forma:

a. **Jerarquización geomorfológica**

La elaboración de la cartografía geomorfológica sigue los lineamientos de jerarquización propuestos por Carvajal (2008) quien plantea enfocar el análisis geomorfológico de un sitio o lugar, siguiendo un proceso analítico del terreno desde lo regional hasta lo local, relacionando la escala aplicada con las jerarquías geomorfológicas, donde la base regional está fundamentada en la génesis geológica de las geoformas y los ambientes morfogenéticos, y el detalle basado en los ambientes morfogenéticos, expresión morfológica, litología y procesos morfodinámicos (figura 2).

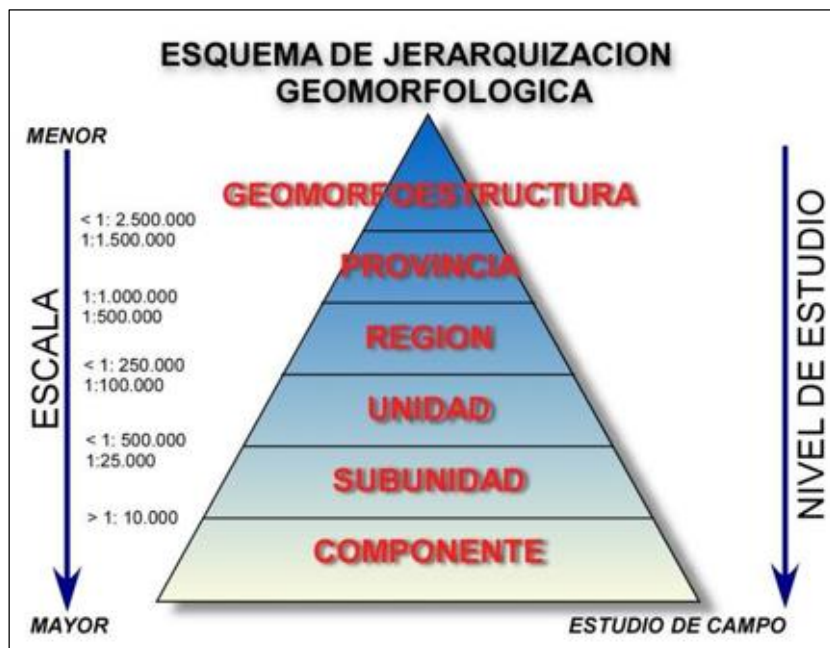


Figura 2. Esquema de jerarquización geomorfológica, propuesto SGC (2012)  
Fuente: Carvajal (2008)

b. **Geomorfoestructura (escala < 1:2.500.000)**

Corresponde a grandes áreas geográficas o amplios espacios continentales o intracontinentales, caracterizados por estructuras geológicas y topográficas regionales.

Ejemplo de esta categoría son cratones, escudos, plataformas, grandes cuencas, cinturones orogénicos y valles en rift.

**c. Provincia geomorfológica (escala. 1:1.000.000 a 1:500.000)**

Son conjuntos de regiones con geoformas parecidas y definidas por un macro relieve y una génesis geológica similar. Localmente, se corresponden con las regiones naturales y con los terrenos geológicos de Colombia, los cuales están demarcados por fallas regionales y continentales definidas o inferidas (Irving, 1971; Villota, 1997; Ingeominas, 1999 y Velásquez, 1999). Se definen en términos tales como: cinturones montañosos, llanuras, peniplanicies, cordilleras y serranías (Carvajal, 2008).

**d. Región geomorfológica (escala 1:250.000 a 1:500.000)**

Involucra a las geoformas relacionadas a la génesis de los paisajes, por un marco de ambiente morfogenético definido y afectado por procesos dinámicos similares (Verstappen y Van Zuidam, 1992; Velásquez, 1999; Ingeominas, 1999; Carvajal, 2008). 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. Esta unidad de relieve está conformada por dos o más unidades geomorfológicas.

**e. Unidad Geomorfológica (Escala 1:50.000 a 1:100.000)**

Definida como una geoforma individual genéticamente homogénea, generada por un proceso geomórfico constructivo o destructivo de un ambiente geomorfológico en particular. Corresponde con los elementos básicos que componen un paisaje o modelo geomorfológico, soportado por criterios genéticos, morfológicos y geométricos en función de la escala del proceso natural que lo conformó.

**f. Subunidad geomorfológica (escala 1:10.000 a 1:25.000)**

Esta categoría, está fundamentada en los contrastes morfológicos y morfométricos que relacionan el tipo de material o la disposición estructural de los mismos. Igualmente, está definida por el contraste dado por las formaciones superficiales asociadas a procesos morfodinámicos actuales de meteorización, erosión, transporte y acumulación bien definidos (Carvajal, 2008).

**g. Componente o elemento geomorfológico (escala 1:2.000 a 1:10.000)**

Esta subdivisión representa el máximo nivel de detalle en la jerarquización. Determina los rasgos del relieve (escarpes naturales o antrópicos, relieves internos de laderas o flancos, crestas, formas de valle), en sitios puntuales y determinados por la morfometría detallada del terreno, en una subunidad geomorfológica. Igualmente puede estar definida por microrelieves asociados con una característica litológica en especial.

Para la escala de análisis (1:100.000) en el mapa nacional y, la jerarquización propuesta por Carvajal (2008), este trabajo se enmarca en la definición de UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS, como unidad básica de la cartografía geomorfológica. Siguiendo los lineamientos de la *Metodología I.T.C* (Verstapen y Van Zuidam, 1992), las formas del terreno deben ser especificadas y clasificadas desde un punto de vista morfogenético, en términos tales como: terraza fluvial, evitando términos descriptivos y topográficos.

**AMBIENTES MORFOGENÉTICOS**

Las unidades geomorfológicas identificadas en un área específica se determinan con base en la expresión e interpretación de los procesos geomorfológicos que interactuaron en el terreno, los cuales generaron la formación, evolución y modificación de las actuales formas del terreno, además dichas unidades se encuentran contenidas dentro de diferentes ambientes morfogenéticos; se conoce como ambiente morfogenético a la agrupación de condiciones físicas, químicas, bióticas y climáticas, bajo las cuales se generan las geoformas (SGC, 2012). Estos ambientes morfogenéticos se agrupan así:

- Ambiente Estructural: hace referencia a geoformas generadas por la dinámica interna de la tierra, principalmente asociado a fallas y pliegues, cuya expresión morfológica está definida por la litología y la disposición estructural de las rocas aflorantes.
- Ambiente Volcánico: corresponde a geoformas desarrolladas tanto por la acumulación de lava solidificada como de fragmentos lanzados al aire durante la erupción (productos piroclásticos – bloques, lapilli y ceniza volcánica) o como flujos de piroclastos que se desplazaron por las laderas.
- Ambiente Denudacional: definido exclusivamente por los procesos exógenos degradacionales y está definida por la acción combinada de procesos moderados a intensos de lluvia-escorrentía, meteorización, erosión y transporte de origen gravitacional y pluvial que han remodelado y dejado remanentes de las geoformas morfoestructurales preexistentes y además crean nuevas geoformas por acumulación de sedimentos.

- Ambiente Fluvial y Lagunar: geformas originadas por el efecto erosivo y acumulativo de las corrientes de los ríos y la sedimentación de materiales en cuencas restringidas respectivamente.
- Ambiente Marino - Costero: se define como el resultado de la interacción de los procesos marinos de oleaje y mareas sobre los elementos continentales tales como la estructura y litología local, los aportes fluviales en los deltas y la actividad biológica de las formaciones que conforman los arrecifes.
- Ambiente Glacial y Periglacial: geformas originadas por la acción glacial cuyo origen corresponde a grandes cantidades de hielo en regiones polares o de altas montañas.
- Ambiente Eólico: corresponde a unidades geomorfológicas modeladas a por la acción del viento lo cual es posible erosionando y transportando sedimentos; se limita a aquellas superficies en las que los minerales pequeños y las partículas orgánicas están sueltas, estas áreas principalmente corresponden a desiertos, zonas semiáridas y demás franjas costeras.
- Ambiente Cárstico: forma de relieve originada por meteorización química de determinadas rocas como caliza, dolomía, yeso entre otras, las cuales están compuestas por minerales solubles en agua. Las geformas originadas en este ambiente son superficiales o subterráneas.
- Ambiente Antropogénico: geformas generadas por la alteración significativa de la superficie terrestre la cual es producto de la acción del hombre.

### **Atributos Geomorfológicos**

De igual forma la propuesta metodológica incluye la valoración del relieve a partir de los atributos morfológicos y morfométricos estandarizados relacionados con:

Relieve relativo (RR): hace referencia a la diferencia de altitud de la geoforma entre la parte más alta y más baja de ésta, independiente de la altura absoluta o el nivel del mar. Es un atributo que indica la energía potencial de un sistema de drenaje y los materiales constitutivos de la geoforma (tabla 1).

**Tabla 1.** Rangos de intervalos de altura o relieve relativo

Elevación (metros)	Descripción del relieve	Resistencia relativa del material
< 50 m	Muy Bajo	Materiales muy blandos y erosionables.
50 - 250 m	Bajo	Blando erosionable.
250 - 500 m	Moderado	Moderadamente blando y erosión alta.
500 – 1.000 m	Alto	Resistente y erosión moderada.
1.000 – 2.500 m	Muy Alto	Muy resistente y erosión baja.
>2.500 m	Extremadamente Alto	Extremadamente resistente y erosión muy baja.

Fuente: SGC (2012)

Inclinación: es el ángulo que forma una ladera o terreno respecto a un plano horizontal. La inclinación de la ladera está relacionada con el tipo de material que conforma la unidad morfológica y con la susceptibilidad de dicha unidad a la formación de movimientos en masa (tabla 2).

**Tabla 2.** Rangos de inclinación de la ladera

Inclinación (grados)	Descripción	Características del material y comportamiento
< 5	Plana a suavemente inclinada.	Muy blanda y muy baja susceptibilidad a movimientos en masa (MM).
6 – 10	Inclinada.	Blanda y baja MM.
11 – 15	Muy Inclinada.	Moderadamente Blanda y Moderada susceptibilidad a MM.
16 – 20	Abrupta.	Moderadamente Resistente y Moderada susceptibilidad a MM.
21 – 30	Muy abrupta.	Resistente y Alta susceptibilidad a MM.
31 – 45	Escarpada.	Muy Resistente y Alta susceptibilidad a MM.
> 45	Muy Escarpada	Extremadamente Resistente, baja susceptibilidad a MM.

Fuente: SGC (2012)

Longitud de la ladera: es un indicador de la homogeneidad del material constitutivo de las geoformas; puede determinar una mayor superficie para el desarrollo de los procesos morfodinámicos (tabla 3).

**Tabla 3.** Rango de longitud de la ladera

Longitud (metros)	Descripción
< 50 m	Muy corta.
50 – 250 m	Corta.
250 – 500 m	Moderadamente larga.
500 – 1.000 m	Larga.
1.000 – 2.500 m	Muy larga.
> 2.500 m	Extremadamente larga.

Fuente: SGC (2012)

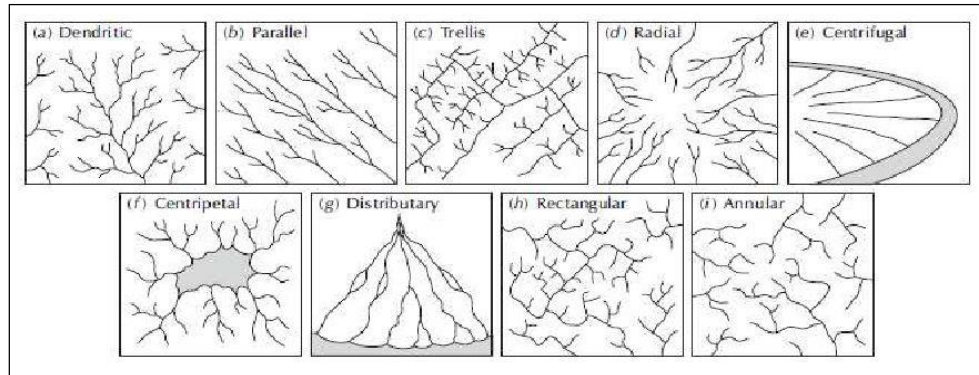
Forma de la ladera: **refleja la homogeneidad en la resistencia de los materiales, y la presencia** o control de estructuras geológicas. También condiciona los tipos de movimientos en masa que pueden desarrollarse en una ladera. Es común relacionar movimientos rotacionales a pendientes cóncavas y convexas y movimientos planares a pendientes rectas controladas estructuralmente o movimientos complejos a pendientes irregulares (tabla 4).

**Tabla 4.** Rangos de forma de la ladera

Clase	Características material	Movimientos en masa asociados
RECTA	Alta resistencia y disposición estructural a favor de la pendiente.	Movimiento Traslacional.
CÓNCAVA	Material blando y disposición estructural no diferenciado.	Deslizamiento Rotacional.
CONVEXA	Materiales blandos y disposición estructural casi horizontal.	Predomina Meteorización y Erosión. Pequeño Deslizamientos rotacionales.
IRREGULAR O ESCALONADA	Materiales con resistencia variada. Disposición estructural en contra de la pendiente.	Caída de Bloques. Erosión Diferencial.
COMPLEJA	Mezcla de materiales. Disposición estructural no definida.	Deslizamientos Complejos

Fuente: SGC (2012)

Patrón de drenaje: es la distribución de todos los canales de drenajes superficiales en un área que esté ocupada o no por aguas permanentes (figura 3). El patrón de drenaje está controlado por la inclinación del terreno, tipo y estructura geológica de la roca subyacente, densidad de vegetación y las condiciones climáticas.



**Figura 3.** Patrón de drenaje controlado por estructura o pendiente  
Fuente: Huggett (2007)

Forma de crestas y valles: las divergencias entre las formas características que presenta el relieve se considera como un parámetro de agrupamiento establecido en la apariencia superficial de la geoforma. Crestas agudas de cimas bien definidas con laderas de pendientes abruptas, contrastan con cimas anchas de laderas de pendiente inclinada; conjuntamente la presencia de valles con una forma definida y crestas alineadas que describen una orientación típica, sugieren un tipo de control estructural o de competencia de los materiales que recubren la geoforma. Este parámetro adquiere relevancia en las observaciones realizadas en campo para la caracterización de unidades geomorfológicas a escalas detalladas y escalas medias (tabla 5).

**Tabla 5.** Forma de cresta y valles

Forma de cresta	Forma de valle
Aguda	Artesa
Redondeada	Forma de V
Convexa amplia	Forma de U
Convexa plana	
Plana	
Plana disectada	

Fuente: SGC (2012)

Este estudio se complementa con la evaluación de variables como:

**Morfogénesis**, área de la geomorfología en donde se relaciona el origen (causas y procesos) que dieron forma al paisaje y la evolución del mismo durante los intervalos de tiempo geológico (SGC, 2012).



**Morfoestructura y litología** la cual indica como esta modelado el relieve según la composición, disposición y dinámica interna de la tierra (SGC, 2012).

**Morfodinámica**, relacionada con los procesos geodinámicos externos (principalmente denudativos), tanto antiguos como recientes que han modelado y continúan modelando el relieve y son los responsables del estado actual de las geoformas o unidades de terreno (SGC, 2012).

## PROCESO METODOLÓGICO

El proceso metodológico seguido en la elaboración de la cartografía geomorfológica se basa en la **“Propuesta metodológica sistemática para la generación de mapas geomorfológicos analíticos aplicados a la zonificación de amenaza por movimientos en masa escala 1:100.000”** (SGC, 2012).

- Recopilación de Insumos Básicos y Temáticos

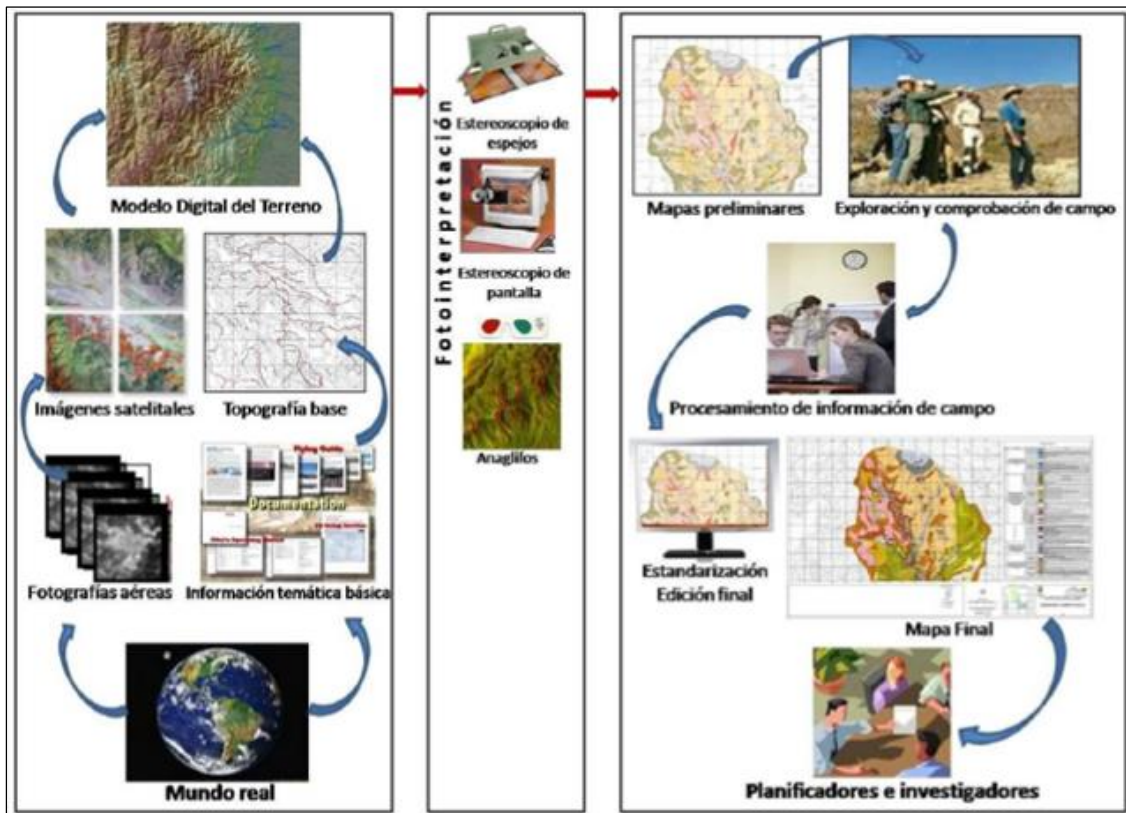
Este proceso se basó en la recopilación de la información necesaria para la interpretación y generación de productos a través de los siguientes insumos: modelo de elevación digital (DEM), con resolución de 30 metros, planchas con cartografía básica digital producida por el IGAC a escala 1:100.000, mapa de pendientes el cual se deriva el modelo digital de elevación (DEM), además de diferentes tipos de sensores remotos como imágenes de satélite y fotografías aéreas, estos como insumos básicos. Los insumos temáticos comprenden la cartografía geológica y la respectiva memoria explicativa de la zona de interés, producida por el Servicio Geológico Colombiano a escala 1:100.000, mapas geomorfológicos y mapas de falla geológicas escala 1:100.000. (La mayor parte de esta información fue suministrada por el SGC).

- Análisis y Procesamiento de Insumos Básicos y Temáticos

Los productos recopilados y suministrados fueron montados en un sistema, procesados, georeferenciados, entre otros de acuerdo al sistema de referencia de la plancha, generando un conjunto de capas con diferentes atributos y que permitieron desarrollar una mejor interpretación, estas capas fueron almacenadas en una geodatabase para permitir un mejor manejo de información.

A partir del modelo de elevación digital (DEM), se generó la capa del modelo de sombras el cual resalta los rasgos geomorfológicos a ser cartografiados, al igual se crea la siguiente capa concerniente al mapa de pendientes, con la superposición de esta dos capas y con apoyo de fotointerpretación convencional, se identificaron y delimitaron las unidades

cartografiadas, los movimientos en masa y los atributos morfológicos y morfométricos asociados, originando el mapa geomorfológico preliminar, el cual hará parte de una exhaustiva revisión por parte del SGC (figura 4).



**Figura 4.** Etapas generales en el procedimiento para la generación de cartografía geomorfológica  
Fuente: Mendivelso (2009)

La revisión permanente de la geología que muestra atributos litológicos y estructurales son fundamentalmente importantes en el proceso de delimitación, además, también fueron consultados los mapas de suelos del IGAC, los mapas de ecosistemas de la VH, los mapas de cobertura vegetal con la metodología Corine Land Cover del IDEAM, y eventualmente documentos de ordenación del territorio locales o documentos de amenazas naturales de las corporaciones.

- Generación del Mapa Geomorfológico Preliminar

La estructuración del mapa preliminar consistió en definir unidades geomorfológicas, discriminándolas según el ambiente morfogenético, nombrándolas de acuerdo al estándar desarrollado por el Servicio Geológico (glosario geomorfológico) de tal manera

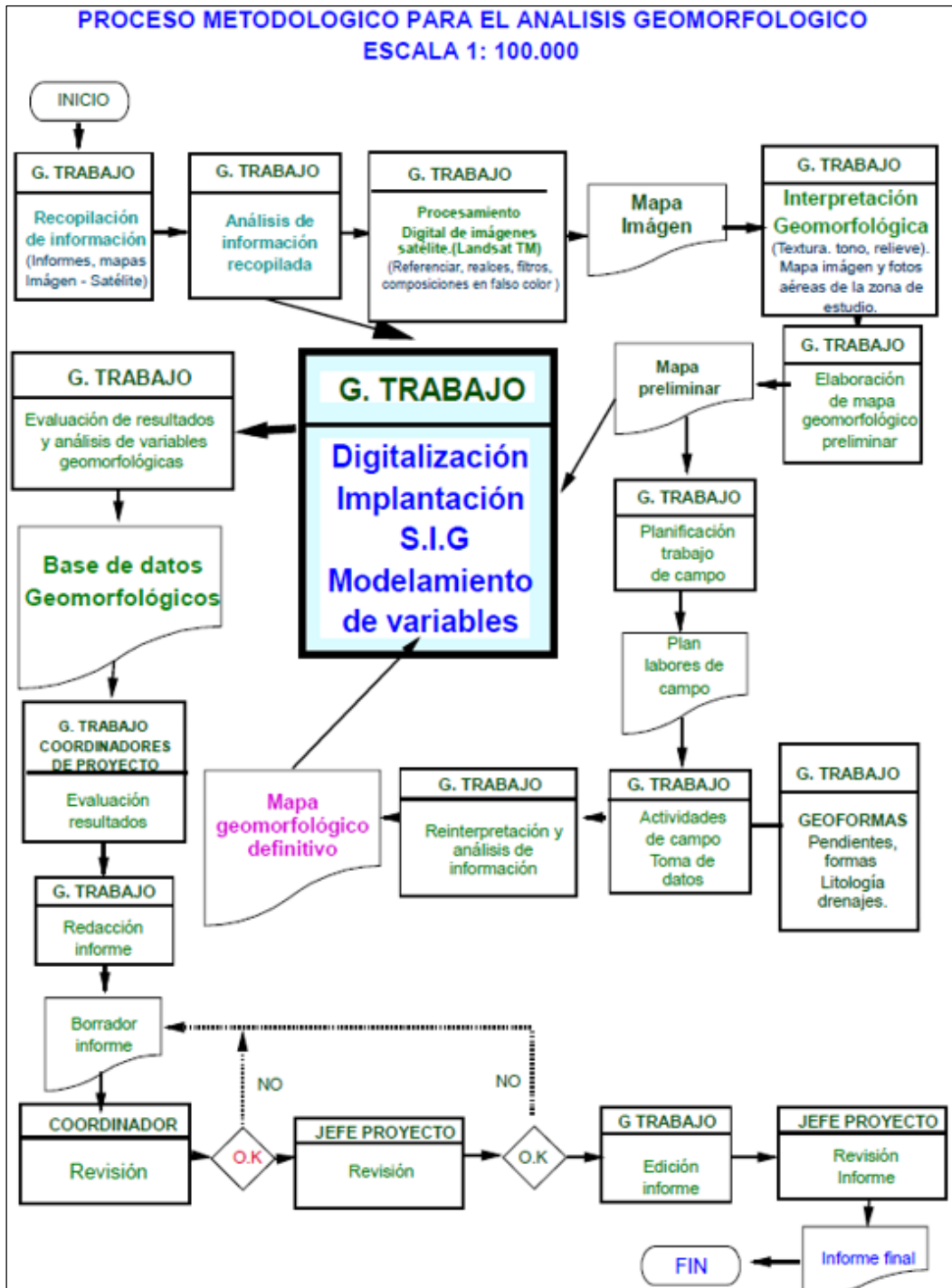
que cumpliera con algunas características de forma, escala de mapeo (área mínima cartografiada de 1 km<sup>2</sup>) y descripción de la unidad. Esta fase está fundamentada en la interpretación de todas las imágenes de sensores remotos disponibles, y en la valoración del relieve a partir de los atributos morfológicos y morfométricos estandarizados relacionados con relieve relativo (RR) (tabla 1); inclinación, longitud y forma de la ladera (tablas 2, 3, 4); forma de crestas y valles (tabla 5), unidades vs patrón de drenaje (figura 3), es decir, se verificó que algunas unidades como por ejemplo unidades de cauce aluvial contuvieran en su interior el eje aluvial que las origino, así mismo algunas unidades cuyo límite era el drenaje, proceso relacionado con la base cartográfica y concordante con el modelo de sombras en las partes altas. Este estudio se complementó con la evaluación de la **morfogénesis** que define el origen de las geofomas; de la **morfoestructura**, **litología** y la **morfodinámica**, relacionada con los procesos de inestabilidad presentes en la zona, estos factores que en conjunto definen las formas dominantes y el modelado del relieve.

- Revisión Final y Edición del Mapa Geomorfológico

Una vez realizadas las observaciones y ajustes por parte del equipo de revisión técnica del SGC, el equipo de trabajo de la UPTC procedió a ejecutar las respectivas indicaciones, finalmente se obtuvo un mapa revisado y estandarizado donde se identifican y describen las unidades geomorfológicas cartografiadas, de esta manera se logró un resultado óptimo en calidad.

- Redacción de Memoria Geomorfológica

Esta es la etapa concluyente del proyecto, el mapa geomorfológico final está acompañado de una memoria explicativa, donde se plasma todos los resultados de forma detallada, con base en el trabajo investigativo, el cual será utilizado por los diferentes usuarios, como soporte para la elaboración de la cartografía aplicada a los movimientos en masa y demás temas afines (figura 5).



**Figura 5.** Flujograma de proceso metodológico seguido para la elaboración de los mapas geomorfológicos escala 1:100.000

Fuente: Carvajal (2008)

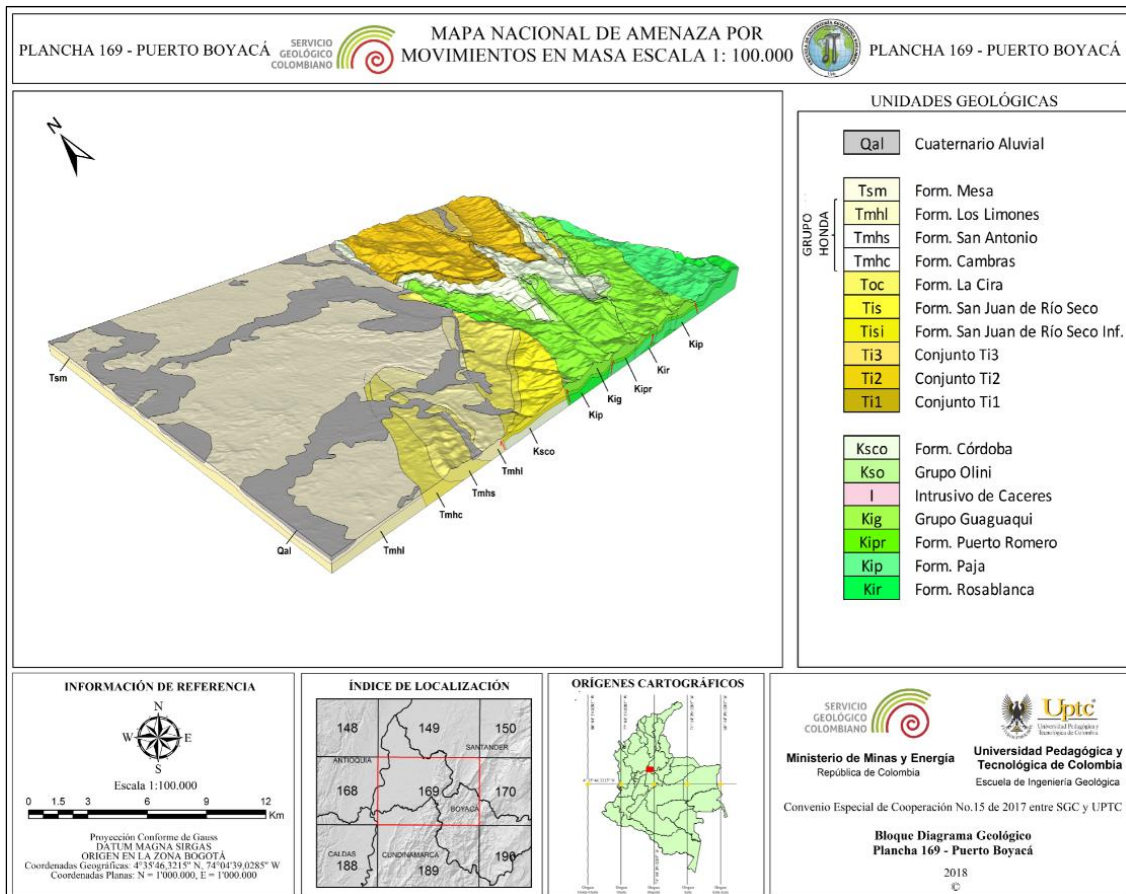
## **1 CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL ÁREA**

Las características generales del área hacen referencia a la variedad de las geoformas actuales del terreno obedecen a la interacción dinámica de factores de tipo geológico (litológicos y tectónicos), hidrológico, la acción continua de los procesos de denudación de la corteza terrestre tanto antiguos como actuales (erosión y movimientos en masa) enmarcados en la variable tiempo, los cuales en muchos casos son acelerados por actividades antrópicas inadecuadas, y otros factores como el clima (alta insolación y lluvias esporádicas torrenciales, evapotranspiración) y la cobertura vegetal, que inciden en el modelamiento del relieve, dando como resultado los diferentes tipos de paisajes.

### **1.1 Características geológicas generales**

La plancha 169 – Puerto Boyacá localizada en estribaciones occidentales de la cordillera Oriental, donde las unidades estratigráficas sedimentarias priman dentro de la zona de interés y en una mínima porción de la plancha afloran rocas ígneas, las unidades presentes dentro de la plancha tienen edades desde el Valanginiano al periodo Cuaternario (figura 6). Las descripciones técnicas están basadas en la memoria explicativa geología de la plancha 169 – Puerto Boyacá (Rodríguez y Ulloa, 1994).

Cabe resaltar que dentro de las características litológicas relacionadas a la plancha 169 - Puerto Boyacá, no se encuentran referencias de resistencia, meteorización, espesores de suelos, entre otras, ya que dentro del Convenio Especial de Cooperación No. 15 de 2017, no se contemplaron actividades de campo que permitieran describir de forma idónea estas características intrínsecas de cada formación geológica presente dentro de la zona de estudio.



**Figura 6.** Bloque diagrama que ilustra las características geológicas de la plancha 169 – Puerto Boyacá

Fuente: modificado de Ingeominas (1994)

### 1.1.1 Unidades litológicas

A continuación, se enuncian las unidades estratigráficas presentes dentro de la plancha 169 – Puerto Boyacá, con sus respectivas características litológicas:

#### 1.1.1.1 Área de Santander

Esta nomenclatura se emplea para designar las unidades litoestratigráficas que afloran al oriente de la falla La Salina, comenzando con rocas del periodo Cretáceo de la Formación Rosablanca (Kir), la cual está compuesta por una sucesión de capas de calizas arenosas de grano fino, cemento preferentemente calcáreo y ocasionalmente silíceo, grises oscuras a negras, estratificadas en capas gruesas a muy gruesas, con alternancias de arcillolitas calcáreas, de tonalidades grises oscuras que presentan concreciones

calcáreas, esta unidad se localiza en el borde sureste de la plancha, en el municipio de San Pablo de Borbur en las veredas El Consuelo y Peñas Blancas y en el municipio de Pauna abarca una mínima porción de territorio en el sector Guadales; Formación Paja (Kip), constituida por una sucesión de capas de arcillolitas negras micáceas, grises oscuras a negras, con nódulos arenosos, ligeramente calcáreos de 50 a 30 cm de diámetro, con alternancias de limolitas, areniscas arcillosas de grano fino, con esporádicos estratos de caliza, esta unidad logra un espesor de 800 a 1.000 metros de acuerdo a cortes geológicos, esta unidad se localiza en el extremo sureste de la zona de estudio entre las poblaciones de San Pablo de Borbur a la altura de las veredas La Sierra, Calcetero Bajo y Palmarona, en Otanche se localiza en la vereda Cartagena, en Pauna aflora en sector Agua Blanca y en La Belleza en la vereda El Playón.

#### 1.1.1.2 Área del Valle Medio del Magdalena

Esta nomenclatura se emplea para designar las unidades litoestratigráficas que afloran al occidente de la falla la Salina, unidades correspondientes a los periodos Cretáceo y Terciario, iniciando con la Formación Romero (Kipr), compuesta principalmente por una sucesión de capas de caliza bioesparítica, arenosa, gris oscura, de grano medio a grueso, con intercalaciones de arcillolitas negras, presenta un espesor de 200 metros en cercanías al caserío de Puerto Romero, esta unidad ocupa una pequeña área dentro de la zona de estudio, dispuesta en una franja delgada y corta situada en límites de los municipios de Yacopí (sector Caipala) y Puerto Boyacá (caserío Puerto Romero); Grupo Guaguaquí (Kig), compuesto por una sucesión de capas de arcillolita negra, micáceas con numerosas concreciones calcáreas y limolitas calcáreas silíceas, ocasionalmente se presentan chert, con abundantes foraminíferos, este grupo logra un espesor de 800 a 1.000 metros (quebrada Cristalina), y ocupa un área importante dentro de la plancha, localizado al costado oriental entre las poblaciones de Yacopí, donde se encuentra en el borde oriental de este municipio en las veredas Bejucales, Betania, Caipal, Alto de La Mesa y El Morro, y en Puerto Boyacá, donde aflora a la altura de la vereda Las Palmas, en Otanche ocupa una zona importante principalmente en las veredas Bolívar, La Laguna, Cobra Neiva, Mancí, Florián, Palenque, Nazareth y Pablal y en La Belleza este grupo se encuentra hacia el oeste del Alto Gallineta en la vereda El Playón; Grupo Olini (Kso), el cual consta de dos niveles de limolitas calcáreas, silíceas a veces chert, grises oscuros, compactos, estratificados en capas delgadas y medias de 5 a 20 cm de espesor,; interestratificadas con las limolitas se presentan estratos de caliza bioesparíticas, grises oscuras, en capas hasta de 1 metro de espesor y arcillolitas negras, según Ulloa y Rodríguez (1981) esta unidad logra un espesor de 200 metros en el Alto del Trigo, y está dispuesta en una franja delgada y alargada que recorre el costado oriental de la plancha en los municipios de Puerto Boyacá, Otanche, La Belleza y Sucre; y la Formación Córdoba (Ksco), la cual consta de una sucesión de capas de limolitas calcáreas, grises oscuras a

negras, estratificadas en capas gruesas a muy gruesas con intercalaciones de calizas arenosas, micáceas, bastantes fosilíferas, con base en cortes geológicos logra un espesor de 700 metros, esta unidad ocupa un área importante dentro de la plancha, localizada en el costado oriental de la misma, en las poblaciones de Puerto Boyacá entre las veredas Las Palmas y La Cristalina, en Bolívar aflora al sur de este municipio, en Otanche se encuentra en las veredas El Carmen, Cocos y Camilo y en el municipio La Belleza en los sectores de Chardo Bejudo y Los Téllez.

#### 1.1.1.3 Terciario al este de la falla de Cambrás

Corresponde a rocas del Terciario inferior del valle medio del Magdalena y dentro del área comprendida por la falla de La Salina al este y la de Cambrás al occidente, se diferencian tres (3) conjuntos litológicos denominados de la siguiente forma: Conjunto  $Ti_1$ , se compone por una sucesión de conglomerados compuestos por cantos de cuarzo, de 1 mm hasta 2 cm de diámetro y fragmentos de cuarcita y chert, unidos por cemento ferruginoso y silíceo, estratificados en capas medias a muy gruesas de 0,30 a 5 metros, presentan alternancias de areniscas cuarzosas, moscovíticas, de grano, de tonalidades amarillo-verdosa, friables, estratificadas en capas gruesas, alcanza un espesor de 200 metros, dispuesta en una franja delgada y alargada que recorre parte del costado noreste de la plancha, entre las poblaciones de Puerto Boyacá, Bolívar, Otanche, La Belleza y Sucre; Conjunto  $Ti_2$  consta de arcillolitas grises con tonalidades rojizas por alteración, con intercalaciones de areniscas compuestas principalmente por cuarzo, feldespatos y fragmentos de cuarcitas, esquistos, chert y arcillolitas, predominan los fragmentos de rocas sedimentarias de grano medio a grueso, se estima un espesor con base en cortes geológicos entre 2.000 a 2.500 metros, ocupa un área importante dentro de la zona estudiada, localizada al borde noreste de la misma entre las poblaciones de Puerto Boyacá en las veredas Aguas Frías, La Rangel y Cielo Roto; Bolívar hacia el borde sur del municipio, en el municipio La Belleza cubre parte del borde oeste de la población, en menor medida se encuentra en los municipios de Otanche y Sucre; Conjunto  $Ti_3$  consiste en arcillolitas abigarradas con estratificación en capas muy gruesas de 1 a 2 metros de espesor, presenta un espesor de 500 metros con base en cortes geológicos, se localiza sobre el borde noreste de la plancha en límites de las poblaciones de Bolívar y La Belleza.

#### 1.1.1.4 Terciario al oeste de la falla de Cambrás

El Terciario de esta área se representa por las siguientes unidades litoestratigráficas: Formación San Juan de Río Seco (Tis), constituida por una sucesión de capas de areniscas compuestas por cuarzo, fragmentos de rocas esencialmente de chert y arcillolitas, y en menor medida feldespatos, de grano grueso a conglomerático bien seleccionado y subredondeado, esta unidad se localiza al sur de la plancha en el municipio de Yacopí en



la vereda Alto Chula; Formación La Cira (Toc), compuesta por capas de arcillolitas grises y verdosas, cuando están meteorizadas presentan colores violáceos, con delgadas intercalaciones de areniscas cuarzosas de grano fino a medio, estratificadas en capas medias a gruesas, se estima un espesor de 200 a 300 metros, se dispone en una franja delgada y alargada, situada en la población de Yacopí que recorre parte de las veredas Alto Chávez y Altamira; Grupo Cambras se divide de base a techo en las siguientes formaciones: Formación Cambras (Tmhc), en su parte inferior consta de capas de areniscas cuarzosas de grano medio a grueso, bien seleccionado y subredondeado, con cemento silíceo, de tonalidades grises claras, estratificadas en capas muy gruesas, con alternancias de arcillolitas grises claras, que meteorizan a rojizas, en la parte media y superior se compone por arcillolitas violáceas, con intercalaciones de arenisca cuarzoza, de grano medio a grueso, esta unidad ocupa una pequeña porción de área dentro de la plancha, localizada al suroeste de Puerto Boyacá en la vereda Borguas, sector La Peñas; Formación San Antonio (Tmhs), consta de conglomerados polimícticos compuestos por cuarzo, feldespatos y fragmentos de rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias, en capas muy gruesas que alcanzan espesores de más de 10 metros, con intercalaciones de arcillolitas rojas, logra un espesor de 1.500 metros, se localiza hacia el borde suroeste de la plancha en límites entre las poblaciones de Puerto Salgar, Yacopí y Puerto Boyacá; Formación Los Limones (Tmhl), conformada en la parte inferior por una alternancia de arcillolitas rojas y areniscas cuarzosas, de grano medio a grueso, friables, estratificadas en capas muy gruesas de 1 a 3 metros de espesor, en el techo predominan las arcillolitas rojas, el espesor varia de 600 a 800 metros basado en cortes geológicos, se localiza en límites entre los municipios de Yacopí (veredas Terán y Nacumales) y Puerto Boyacá (veredas Caño Rozo y Las Pavitas). Finalizando este periodo dentro de la plancha se encuentra la Formación Mesa (Tsm), conformada por una sucesión de gravas y arenas, con intercalaciones de capas de arcillas, las gravas se componen por cantos de cuarzo y fragmentos de rocas sedimentarias, esencialmente de chert, rocas metamórficas y volcánicas, esta unidad ocupa un área importante dentro de la plancha, situada al costado occidental de la misma, principalmente en la población de Puerto Boyacá en las veredas Puerto Gutiérrez, El Pescado, La Pavas, La Pizarra, Puerto Niño, Calderón y Caño Tigre, en menor medida aflora en los municipios de Puerto Triunfo en áreas aledañas al pozo petrolero Copetón y Puerto Salgar en la vereda La Reina, sectores La Isabela, La Tesalia y San Fermín. El periodo Cuaternario dentro de la plancha lo integra depósitos de tipo Aluvial (Qal), conformados por arenas y gravas de cuarzo con matriz areno-arcillosa, se asocian con las márgenes de los ríos y quebradas.

#### 1.1.1.5 Intrusión de Cáceres (I)

Este tipo de rocas dentro de la plancha las menciono por primera vez Gansser (1956), el cual indico la presencia de gabros en el río Guaguaquí, posteriormente Pratt (1961)

describe 5 silos de diabasa que alcanzan hasta 10 metros de espesor, situados cerca al pozo Cáceres 1 y al noroeste del municipio de Yacopí (vereda Los Almendros) y los denomino Intrusión de Cáceres, el cual se compone por gabros con dialagita y cuarzo, de grano fino a medio que intruye a arcillolitas y limolitas pertenecientes al Grupo Guaguaquí.

### **1.1.2 Geología estructural**

En lo relacionado con la geología estructural de la plancha 169 – Puerto Boyacá, refleja una condición estructural principalmente compresiva, caracterizada por una serie de bloques fallados generados principalmente por fallas inversas, cuyos planos buzcan hacia el oriente, se destacan cuatro grandes bloques tectónicos con características estructurales particulares: sinclinal de Córdoba, Llano Mateo, Caparrapí-Pierdas Candela y el anticlinal de Nazareth. Las estructuras de esta zona presentan una dirección NE-SW. Los lineamientos de falla más importantes dentro de la zona de estudio se encuentran representados por las fallas de Cambras, La Salina y Bilbao-Romero, situadas en el área centro-oriental de la plancha. A continuación, se enuncian las estructuras más importantes de la región, Las descripciones técnicas están basadas en la memoria explicativa geología de la plancha 169 – Puerto Boyacá (Rodríguez y Ulloa, 1994).

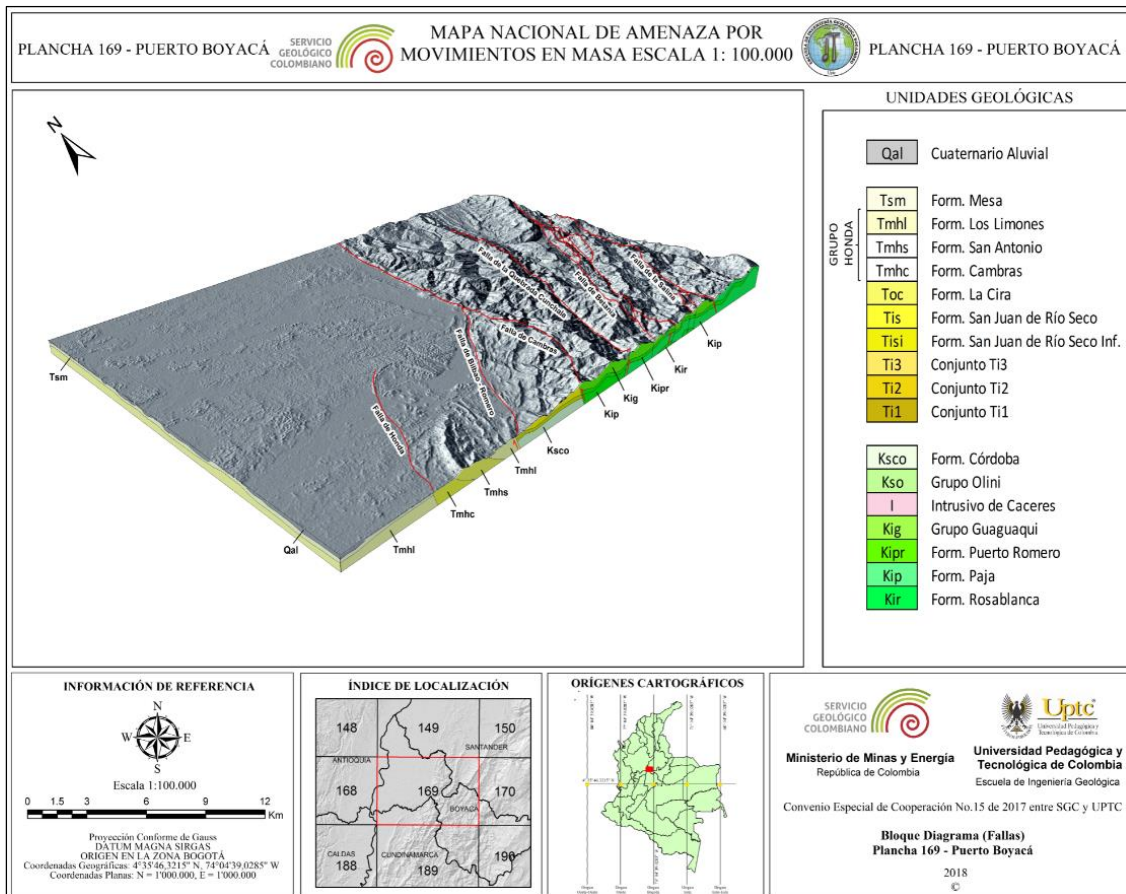


Figura 7. Bloque diagrama que ilustra las fallas de la plancha 169 – Puerto Boyacá

Fuente: modificado de Geominas (1994)

### 1.1.2.1 Bloque 1

Bloque estructural monoclinal, formado por rocas del Grupo Honda con buzamiento que oscila entre 15° y 45°, limitado al occidente por la falla de Honda, de tipo inverso cuyo plano de falla buza hacia el oriente, poniendo en contacto la Formación Mesa con la Formación Cambrás y hacia el oriente por las fallas de Bilbao-Romero, pone en contacto en toda su extensión la Formación Los Limones con la Formación Cambrás.

### 1.1.2.2 Bloque 2

Este bloque está limitado al occidente por la falla de Bilbao-Romero y al oriente por la falla de Cambrás, la cual es de tipo inverso de dirección NE-SW, con el plano buzando hacia el oriente, poniendo en contacto la Formación San Juan de Río Seco, de edad Terciaria con rocas del Grupo Guaguaquí, este grupo conforma el sinclinal de Córdoba,

esta falla presenta una longitud de 82 km, de los cuales 5 km se encuentran activos, tiene una tasa de actividad baja (0,01-0,1 mm/año), una magnitud máxima probable de 6,2, un intervalo de recurrencia de 2.000 a 3.000 años (Montes y Sandoval, 2001).

#### 1.1.2.2.1 Sinclinal de Córdoba

Estructura amplia, relativamente simétrica, cuyo eje presenta dirección N45°E, el núcleo está conformado por rocas de la Formación Cambrás, hacia sus flancos occidental y oriental está limitado por las fallas de Bilbao-Romero y Cambrás, respectivamente.

#### 1.1.2.3 Bloque 3

Este bloque está limitado al occidente por la falla de Cambrás y al oriente por la falla de La Salina, de tipo inversa con dirección NE-SW, con el plano de buzamiento hacia el oriente, este último lineamiento marca el límite de los afloramientos de las unidades de nomenclatura estratigráfica del valle medio del Magdalena y los de la región del Santander, esta falla presenta una longitud de 95 km, tiene una tasa de actividad baja (0,01-0,1 mm/año) a moderada (0,1-1 mm/año) (Montes y Sandoval, 2001). Este bloque lo constituyen rocas Cretácicas y Terciarias compuestas por las siguientes estructuras plegadas:

##### 1.1.2.3.1 Sinclinal de Llano Mateo

Pliegue amplio, extenso y asimétrico, cuyo eje presenta una dirección que varía de N20°E en la parte sur y N15°W hacia el norte, su núcleo lo componen rocas Cretácicas del Grupo Guaguaquí, Grupo Olini y la Formación Córdoba y Terciarias de los conjuntos Ti<sub>1</sub> y Ti<sub>2</sub>, está afectado al costado occidental por acción de la falla de Cambrás y al oriente por la falla de Quebrada Cunchala.

##### 1.1.2.3.2 Sinclinal de Caparrapí-Piedras Candela

Estructura amplia, extensa y asimétrica, afectada en su flanco occidental por la falla de Quebrada Cunchala y al oriente por las fallas de Betania y del Chirche, estos dos lineamientos son de rumbo dextral y con una dirección N40°E, conformado por las unidades Cretáceas de los grupos Guaguaquí, Olini y la Formación Córdoba, de igual manera por rocas Terciarias de los conjuntos Ti<sub>1</sub>, Ti<sub>2</sub> y Ti<sub>3</sub>.

#### 1.1.2.3.3 Anticlinal de Nazareth

Pliegue amplio, asimétrico de dirección N40°E, el flanco occidental se encuentra invertido y está conformado por el Grupo Guaguaquí.

#### 1.1.2.4 Bloque 4

Este bloque se limita al occidente por la falla de La Salina, se caracteriza por presentar estructuras anticlinales y sinclinales relativamente estrechos, asimétricos y en parte con sus flancos invertidos, donde afloran rocas de las formaciones Rosablanca y Paja.

### 1.2 Características climatológicas de la zona de estudio

La plancha 169 – Puerto Boyacá hace parte de la zona central de la cordillera Oriental y el inicio de los flancos oriental y occidental, por ello se presenta gran variedad en cuanto a la forma de su relieve, clima y vegetación. Al occidente de la plancha exhibe paisaje que varía de piedemonte a zonas planas en proximidades del río Magdalena, hacia la zona centro-oriental de la plancha oscilan superficies de topografía fuerte especialmente en los municipios de Otanche y San Pablo de Borbur y zonas colinadas y con moderadas ondulaciones en laderas de las poblaciones de Bolívar y La Belleza, las alturas varían entre 200 y 1.700 m.s.n.m, de esta forma oscilan los pisos térmicos entre templado y cálido, con temperaturas correspondientes entre 16° y 30° C, las temperaturas más altas se encuentran en el zona de piedemonte al occidente de la plancha entre los municipios de Puerto Boyacá, Puerto Triunfo y Puerto Salgar. Las precipitaciones se encuentran distribuidas de la siguiente forma: al occidente de la plancha hay precipitaciones significativas durante el año, la precipitación media oscila entre 2.067 mm y 2.369 mm, el periodo lluvioso comprende los meses de mayo y octubre con un promedio de lluvias de 357 mm, el periodo más seco son los meses de enero y febrero con un promedio de 80 mm, la variación en la precipitación entre los meses más secos y más húmedos es de 277 mm, los municipios de Puerto Boyacá y Puerto Triunfo son las poblaciones que presentan un nivel mayor de precipitación con respecto a los demás de esta área, haciendo esta zona moderadamente susceptible a generar movimientos en masa; en la zona oriental de la plancha las precipitaciones se comportan en niveles más elevados con precipitaciones medias que oscilan entre 2.114 mm y 2.562 mm, los periodos lluviosos se presentan en el mes de octubre con un promedio de lluvias de 330,5 mm, el periodo más seco se registra en el mes de enero con un promedio de 76 mm, La variación en la precipitación entre los meses más secos y más húmedos es de 254,5 mm, las poblaciones de Otanche, Bolívar y San Pablo de Borbur presentan un nivel mayor de precipitación con respecto a los demás de esta zona (Climate-Data.org, 2018), originando una zona de susceptibilidad moderada a movimientos en masa.

Los periodos donde se registran intensas lluvias son ideales en el desarrollo o activación de los movimientos en masa, siendo los meses más susceptibles para estos eventos periodos comprendidos por lo general en los meses de mayo y octubre, el periodo seco comprende el mes de enero. Entre los años de 2010 y 2011 se desencadenó la temporada invernal que azotó al país en general, con el fenómeno de la niña, trayendo consigo torrenciales aguaceros y creando estragos, donde varios deslizamientos importantes se reactivaron perjudicando drásticamente a las poblaciones aledañas a estos desastres naturales.

### **1.3 Características de los suelos de la zona de estudio**

La información contenida en este numeral es un resumen del Anexo C Suelos Edáficos para esta misma área de estudio de la zonificación de la susceptibilidad y amenaza por movimientos en masa a escala 1:100.000, realizada por el Servicio Geológico Colombiano y el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM y SGC, 2015).

Las texturas que más predominan dentro de la zona de estudio son franco arcillosas, arcillosas, arcillo limosa, franco arenosa y franco limosa, que inciden en una alta capacidad de retención de humedad de los suelos, se presentan entre paisajes de montaña, terrazas de valle aluvial, valle aluvial y unidades de lomerío, tienen un cubrimiento casi total de los municipios de Otanche, Bolívar, La Belleza, Sucre y San Pablo de Borbur. Con mediana capacidad de retención de humedad, presenta texturas predominantemente de tipo franco arcillosa, franco-arenosa, franca y algunas franco arcillo limosas, distribuidos al oriente en los municipios de Florián, Pauna y San Pablo de Borbur, al sur en Yacopí y Puerto Salgar y al noroccidente en Puerto Nare, Puerto Triunfo y Puerto Boyacá.

En el área de estudio en relación a las unidades cartográficas con contenido edáfico, se presentan unidades de orden Entisoles, Inceptisoles, Molisoles, Vertisoles y Sin Suelo. En la taxonomía de los suelos predominan los inceptisoles con un 85,9% de ocupación dentro de la plancha, que se distribuyen en varios paisajes geomorfológicos y climas del área de estudio, desarrollados en zonas relativamente estables y poseen buena reserva de minerales alterables y capacidad moderada a alta para retener e intercambiar cationes, comprenden cinco subórdenes: *Tropepts (Dystropepts)*, presentes en los paisajes de montaña y lomerío; *Aquepts (Endoaquepts)* relacionados con terrazas y planos de inundación del valle y la planicie aluvial así como con valles coluvioaluviales del lomerío; *Orthents (Udorthents)* presente en un glacis del lomerío; *Udepts (Dystrudepts, Eutrudepts)* asociados al lomerío y montaña; *Ustepts (Dystrustepts)* presente en vigas y crestas, lomas y glacis dentro del paisaje de montaña, ocupa una porción de todos los municipios que integran la zona de estudio. Entisoles suelos de baja

evolución pedogenética, incluye tres subórdenes: los *Fluents* (*Tropofluvents* y *Udifluvents*), ubicados en vegas y terrazas en zonas de Valle, así como en vallecitos de la Montaña; el suborden *Orthents* (*Ustorthents* y *Udorthents*), presentes en zonas de crestas y espinazos dentro del paisaje de Montaña; y por último, el suborden *Aquents* (*Fluvaquents*) relacionado con el plano de inundación dentro del valle aluvial; generalmente presentan características buenas de drenaje, ocupa un 9,9% de la plancha, localizado principalmente en las poblaciones de Yacopí, Puerto Salgar, Bolívar, La Belleza, Sucre, Pauna y San Pablo de Borbur. Finalmente dentro de los principales ordenes se encuentran los Molisoles son suelos profundos que proporcionan condiciones fisicoquímicas para el desarrollo de raíces, están relacionados con la síntesis de materiales húmicos de alta evolución como materia orgánica, se presentan en un clima cálido húmedo y comprende el suborden: *Udolls* (*Hapludolls*), con un drenaje moderadamente bien drenado, se identifican en una franja principal que va de oriente a occidente sobre la margen sur de los ríos Guataquí y Negro, asociado a terrazas del paisaje de valle, dentro de los municipios de Yacopí y Puerto Salgar.

Los suelos muy profundos del orden de Inceptisoles (*Udepts*, *Aquepts*) y Entisol (*Aquents*), presentes en lomas, colinas del lomerío y valle aluvial, asociadas a los sectores con menor pendiente ubicados al norte de la plancha en los municipios de Puerto Boyacá y Puerto Triunfo, en los suelos profundos se encuentran los entisoles, inceptisoles, molisoles y vertisoles, son bien y moderadamente drenadas, ubicados en zonas de montaña, lomeríos, planicies y valle, se presentan en todos los municipios de la plancha, principalmente en los municipios de Puerto Boyacá, Puerto Salgar, Yacopí, Bolívar, La Belleza y Sucre, en los suelos moderadamente profundos se destacan Inceptisoles (*Udepts*, *Ustepts*, *Tropepts*), se caracteriza por presentar zonas bien a excesivamente drenadas presentes en vigas, crestones, lomas, cuevas y glacia, así como en vallecitos del paisaje de montaña y en terrazas antiguas del valle, localizados en mayor extensión en la región centro y suroriental dentro de los municipios de Puerto Boyacá, San Pablo de Borbur y Otanche, así como en pequeños sectores de Florián, Pauna y Puerto Triunfo, en los suelos más bajos o superficiales se encuentran a Entisoles, cuerpos de agua artificial y zonas urbanas.

Los suelos más susceptibles por movimientos en masa corresponden a suelos Inceptisoles (*Aquepts*, *Udepts*, *Tropepts*) y en menor proporción Entisoles (*Fluents*, *Orthents*, *Aquents*), y Molisoles (*Udolls*), se encuentran asociados a espinazos, crestones, espinazos, lomas, colinas, glacia, vallecitos del lomerío y montaña, así como a planos de inundación y terrazas del valle aluvial, en climas con predominio cálido húmedo a muy húmedo, con arcillas tipo caolinita, illita, moscovita, vermiculita y montmorillonita, texturas arcillosas, franco-arcillosas, franco-arenosas, arcillo limosas, generalmente con drenaje moderado a bien drenado, localizados en grandes unidades

Memoria explicativa del mapa geomorfológico aplicado a movimientos en masa esc 1:100.000 plancha 169 – Puerto Boyacá

con predominio en la región occidental y en especial en los municipios de Puerto Boyacá, Puerto Salgar y Yacopí.



## 2 GEOMORFOLOGÍA DE LA PLANCHA 169 – PUERTO BOYACÁ

La plancha 169 – Puerto Boyacá, está localizada sobre las estribaciones occidentales de la cordillera Oriental, la cual corresponde a una zona afectada por complejos y severos procesos tectónicos evidenciados en el gran fracturamiento de las rocas, lo cual está asociado a los esfuerzos de compresión que actuaron en esta región, y que a su vez están asociados al trazo de fallas regionales de gran importancia como Cambras, La Salina y Bilbao-Romero, por lo que el área de estudio corresponde con una zona de media a alta complejidad estructural.

Las unidades geomorfológicas están definidas con criterio genético, morfológico y geométrico en función de los procesos geomorfológicos específicos que las conforman, ya sea de carácter denudacional o de acumulación; estructural; definidas fundamentalmente por los contrastes morfométricos que relacionan el tipo de sedimento o de roca y su disposición estructural, tanto con la correspondiente topografía del terreno como con los procesos dinámicos activos prevalecientes.

En la plancha 169 – Puerto Boyacá, luego de la interpretación geomorfológica **se identificaron tres ambientes morfogenéticos** de la siguiente manera: ambiente estructural con una extensión dentro de la plancha del 49,66%, seguido por el ambiente denudacional que ocupa 26,40% del área y el ambiente fluvial y lagunar con un 23,95% del área total.

En el área de la plancha las unidades geomorfológicas enmarcadas en el ambiente estructural se localizan sobre el sector oriental de la misma, justamente sobre el flanco occidental de la cordillera Oriental, que es un paisaje resultado del último pulso orogénico, razón por la cual allí se localizan todas las unidades de este ambiente, en las que predominan las Sierras anticlinales (Ssan) y las laderas asociadas a estructuras sinclinales. En esta región afloran rocas del Cretácico y del Paleógeno, representadas principalmente por las formaciones Rosablanca (Kir), Paja (Kip), Córdoba (Kso), además de rocas de los grupos Guaguaquí (Kig) y Olini (Kso), y que junto con las unidades geomorfológicas son afectadas por fallas como Quebrada Negra, Cambras, Honda, Betania, Chirque y La Salina. Las unidades del ambiente denudacional se localizan principalmente en la región del Valle Medio del Magdalena, donde se observan pequeñas ondulaciones en el terreno producto de la resistencia de los materiales a la erosión, las unidades geomorfológicas que predominan en el ambiente corresponden con Lomeríos muy disectados (Dlmd) y Montículos y ondulaciones denudacionales (Dmo). Finalmente, las unidades geomorfológicas del ambiente fluvial, son generadas por el transporte y posterior depositación de materiales acarreados por los principales

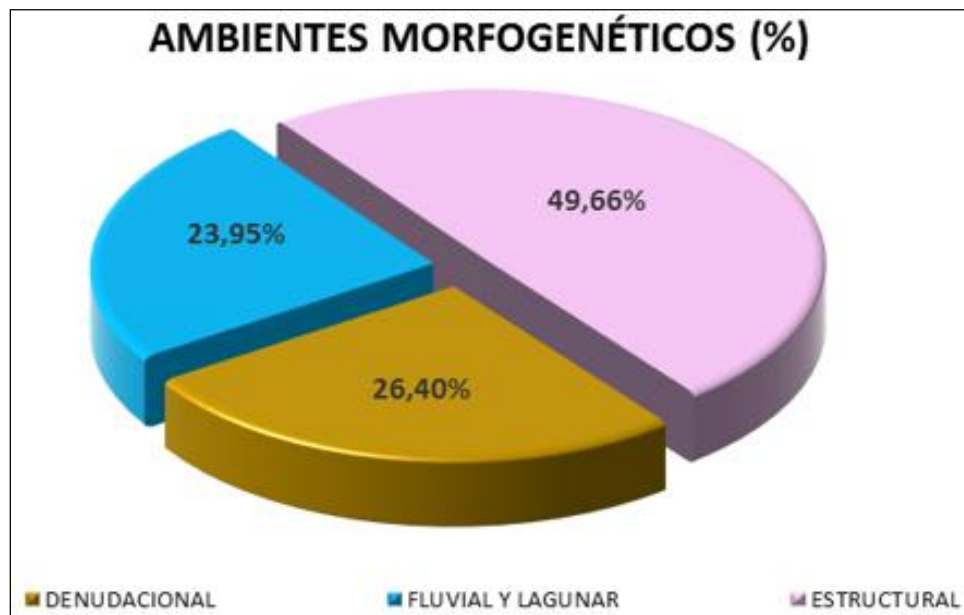
drenajes en la plancha, entre ellos, las quebradas Las Palomas, La Fiebre, Las Pavas, Confusa y Velásquez y los ríos Guaguaquí, Córdoba, Magdalena y Negro.

A continuación, se relaciona el área en kilómetros cuadrados y la representación de cada ambiente morfo genético dentro de la plancha 169 – Puerto Boyacá, como se muestra en la tabla 6 y en las figuras 8 y 9.

**Tabla 6.** Ambientes morfo genéticos por áreas, plancha 169 – Puerto Boyacá

Ambiente	Área (km <sup>2</sup> )	Área (%)
DENUACIONAL	633,514	26,40%
FLUVIAL Y LAGUNAR	574,693	23,95%
ESTRUCTURAL	1.191,793	49,66%
TOTAL	2.400	100,00%

Fuente: autores



**Figura 8.** Distribución porcentual de ambientes morfo genéticos, plancha 169 – Puerto Boyacá

Fuente: autores

En la gráfica se puede observar la distribución del área de los ambientes morfo genéticos en los que se enmarcaron las unidades geomorfológicas en la plancha, y tal y como se había mencionado en apartados anteriores, se observa que en el área de estudio predominan las unidades del ambiente estructural (49,66 %), seguidas por las de ambiente denudacional (26,40 %) y muy de cerca las unidades de ambiente fluvial y lagunar (23,95 %).

Memoria explicativa del mapa geomorfológico aplicado a movimientos en masa esc 1:100.000 plancha 169 – Puerto Boyacá

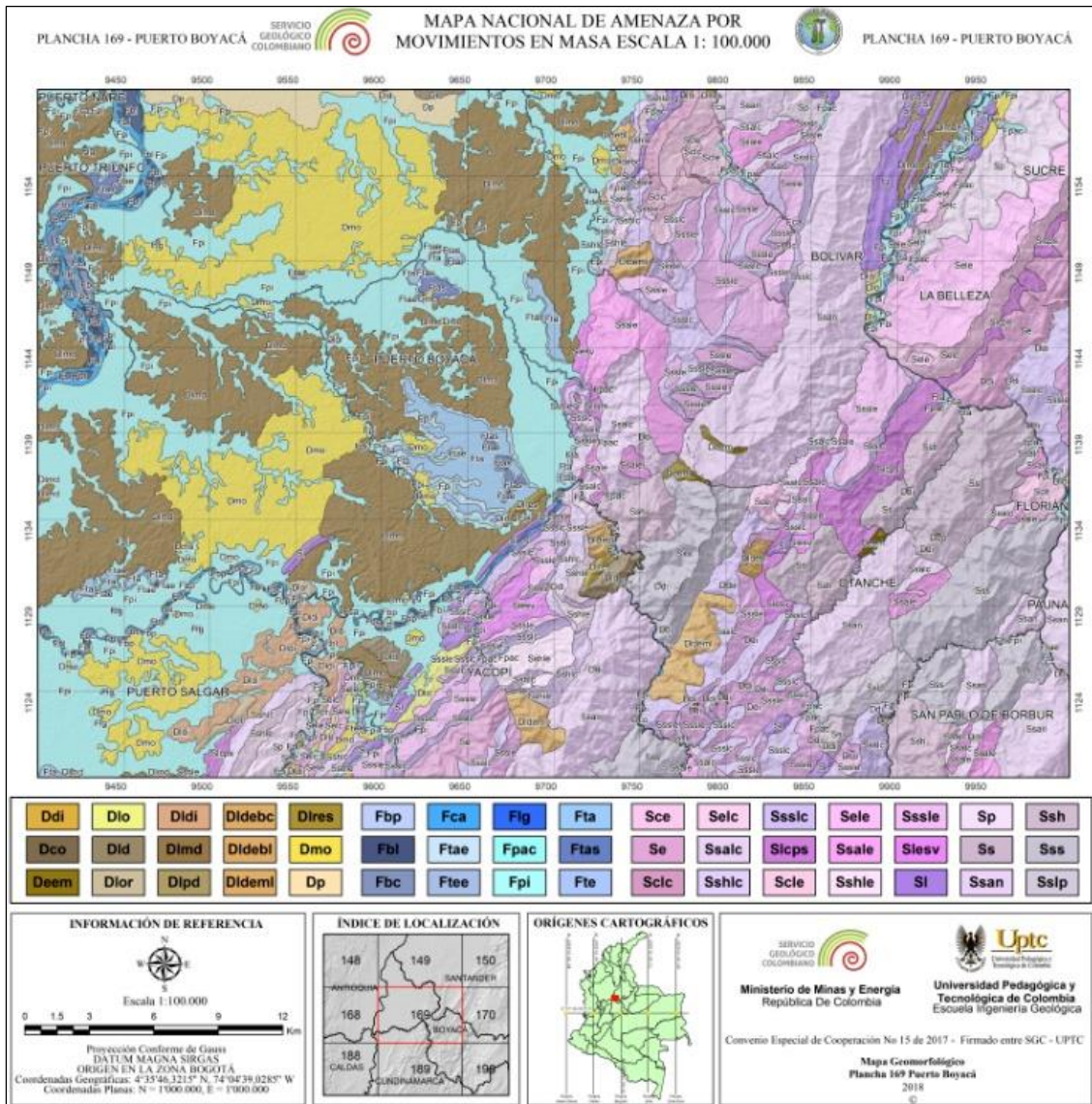


Figura 9. Mapa de unidades geomorfológicas, plancha 169 – Puerto Boyacá

Fuente: autores

Algunas características geomorfológicas son claramente evidenciables en el mapa de unidades geomorfológicas, como por ejemplo la orientación de las estructuras en sentido NE-SW y por tanto el de las unidades paisaje, cuya direccionalidad está asociada a la cinemática del choque entre placas tectónicas que dio como resultado el inicio de la orogenia Andina. Sobre el Valle Medio del Magdalena (VMM), se depositaron materiales erosionados en los relieves cordilleranos, generando así formaciones geológicas recientes principalmente de tipo clástico, las cuales son muy susceptibles a los agentes modeladores, y esta es una de las características para enmarcarlas dentro del ambiente

denudacional. Así mismo la dinámica asociada a los principales drenajes ha generado el relleno sedimentario del resto de la zona occidental, por lo que sobre estas áreas se encuentran principalmente depósitos aluviales recientes.

Fisiográficamente el área que comprende la plancha 169 – Puerto Boyacá, hacia el sector oriental corresponde con un relieve quebrado, con una morfología alomada a montañosa, donde se desarrollan valles de mediana profundidad con pendientes abruptas a escarpadas. El paisaje sobre este sector es producto de la deformación generada por la orogenia Andina, sobre esta zona se encuentran los municipios de Bolívar, La Belleza y Sucre en el departamento de Santander, Otanche, Pauna y San Pablo de Borbur, en el departamento de Boyacá, y el municipio de Yacopí en el departamento de Cundinamarca. Hacia el sector oriental se observa una topografía ondulada, con unidades con un relieve relativo bajo y de morfología alomada a monticulada, donde afloran rocas poco competentes y muy erosionables de edad Paleógena, allí se localizan los municipios de Puerto Nare en el departamento de Antioquia, Puerto Salgar en el departamento de Cundinamarca y Puerto Boyacá en el departamento de Boyacá.

## 2.1 Geformas de origen denudacional

Las unidades geomorfológicas del ambiente denudacional son generadas por procesos de erosión y meteorización moderados a intensos, producidos por los diferentes agentes erosivos (principalmente el agua), los cuales modelan y reducen la topografía pre-existente, generado relictos o remanentes de las unidades originales, la erosión de estas unidades genera por medio del transporte de materiales nuevas geformas.

Estas unidades se localizan principalmente hacia el sector occidental del área, sobre la región del Valle Medio del Magdalena, donde son comunes las geformas alomadas y monticuladas como los Lomeríos muy disectados (Dlmd) y los Montículos y ondulaciones denudacionales (Dmo), las cuales están compuestas por rocas de la Formación Mesa. Las unidades que componen al ambiente denudacional se representan a continuación en la tabla 7 y en las figuras 10 y 11.

**Tabla 7.** Relación de unidades geomorfológicas del ambiente denudacional, plancha 169 – Puerto Boyacá

Ambiente	Código	Unidad geomorfológica	Área (km <sup>2</sup> )	Área %	Total (km <sup>2</sup> )
DENUACIONAL	Ddi	Cono de deslizamiento indiferenciado	1,022	0,16%	633,51
	Dco	Cono y lóbulo coluvial y de soliflucción	0,798	0,13%	
	Deem	Escarpe de erosión mayor	3,989	0,63%	

Ambiente	Código	Unidad geomorfológica	Área (km <sup>2</sup> )	Área %	Total (km <sup>2</sup> )
	Dlo	Ladera ondulada	8,120	1,28%	
	Dld	Loma denudada	9,257	1,46%	
	Dlor	Loma residual	5,373	0,85%	
	Dldi	Lomeríos disectados	22,780	3,60%	
	Dlmd	Lomeríos muy disectados	317,707	50,15%	
	Dlpd	Lomeríos poco disectados	2,099	0,33%	
	Dldebc	Lomo denudado bajo de longitud corta	1,360	0,21%	
	Dldebl	Lomo denudado bajo de longitud larga	6,287	0,99%	
	Dldeml	Lomo denudado moderado de longitud larga	23,846	3,76%	
	Dlres	Lomo residual	2,972	0,47%	
	Dmo	Montículo y ondulaciones denudacionales	207,477	32,75%	
	Dp	Planicie	20,427	3,22%	

Fuente: autores

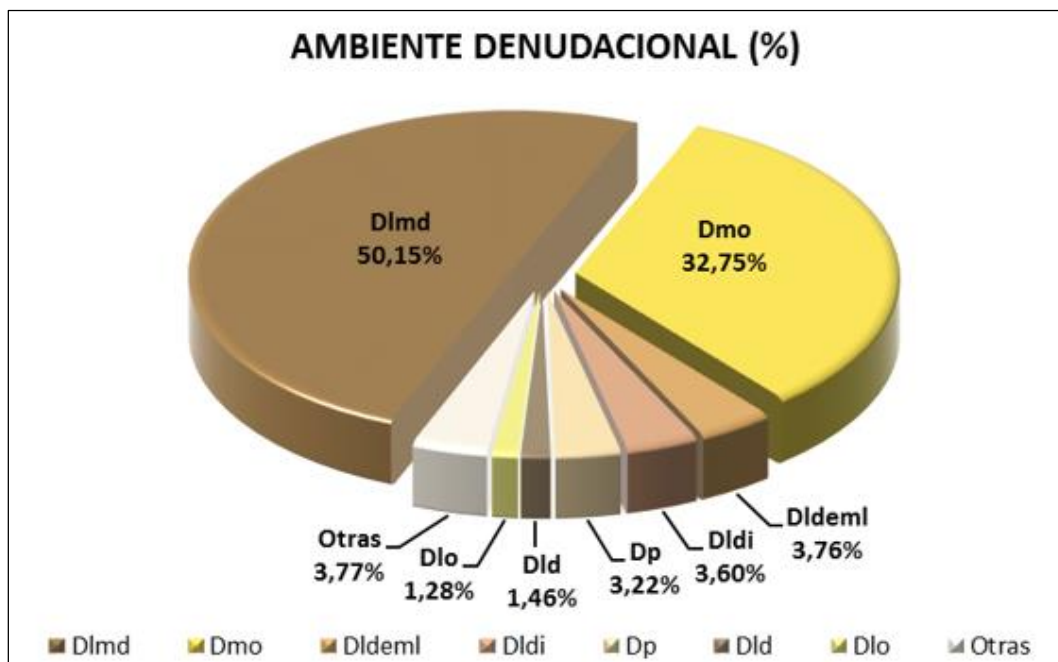


Figura 10. Representación porcentual de las unidades de ambiente denudacional 169 – Puerto Boyacá

Fuente: autores

Memoria explicativa del mapa geomorfológico aplicado a movimientos en masa esc 1:100.000 plancha 169 – Puerto Boyacá

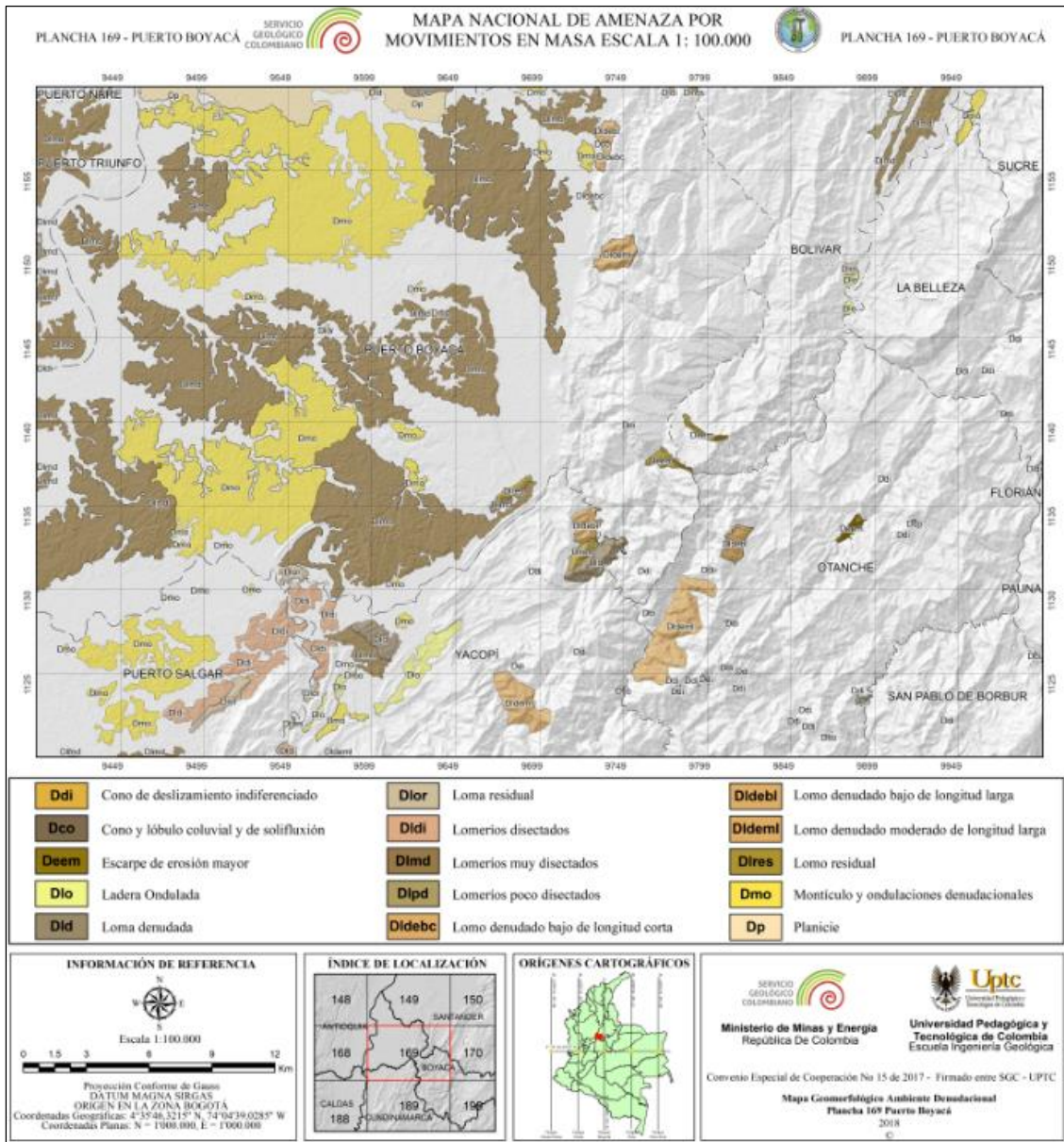


Figura 11. Mapa de unidades geomorfológicas del ambiente denudacional, 169 – Puerto Boyacá  
Fuente: autores

### 2.1.1 Cono de deslizamiento indiferenciado (Ddi)

Unidad geomorfológica con forma de lóbulos, los cuales tienen un índice de contraste bajo (770 m), de morfología baja, cóncava, con una pendiente escalonada, bloques inclinados, relieve irregular, formación de grietas y cambios súbitos de pendiente, que varía de muy abrupta a muy escarpada, con rangos que oscilan entre los 21° y mayor a

45°. Se producen sobre suelos cuando los materiales pertenecientes a una ladera se saturan o sobrecargan reduciendo la resistencia al esfuerzo cortante a tal punto de sobrepasar el límite del material e iniciado su desplazamiento cuesta abajo, y sobre rocas cuando se tienen planos preferentes que contribuyen al movimiento del bloque de roca.

Esta unidad se desarrolla sobre depósitos de rocas del Cretácico y Terciario correspondiente al Grupo Guaguaquí (Kig), Formación Paja (Kip), Grupo Olini (Kso), Formación Córdoba (Ksco), Formación San Juan de Río Seco (Tis) y Formación Cambras (Tmhc), los materiales de estas formaciones forman depósitos coluviales sobre la base de la geoforma. Esta unidad se localiza en las veredas Ventanas, Clavijo, Castillo del municipio de Yacopí; en las veredas La Chuchalita, Bolívar, La Laguna, Los Blancos, Pénjamo, El Oasis y La Laja en el municipio de Otanche; y la vereda Las Chincas del municipio de Puerto Boyacá (figura 12).



**Figura 12.** Cono de deslizamiento indiferenciado (Ddi), localizado en el municipio de Otanche, vereda Los Blancos

Fuente: tomado de Google Earth (2015)

### 2.1.2 Cono y lóbulo coluvial y de soliflucción (Dco)

Unidad geomorfológica en forma de lóbulo, con morfología alomada baja. Los rangos de inclinación varían de 5° a 15°, de pendiente plana - suavemente inclinada a muy inclinada. Su origen está relacionado a procesos de transporte y depositación de los materiales sobre las laderas y por efectos gravitacionales en suelos saturados y no saturados. Su depósito está constituido por bloques y fragmentos heterométricos de rocas preexistentes.

Esta unidad está constituida por material coluvial, conformados por fragmentos de rocas polimícticos, de variados tamaños. Esta unidad se localiza en la vereda Cambuco, Ventanas, La Laja Chapicay y Curubita del municipio de Otanche (figura 13).



**Figura 13.** Cono y lóbulo coluvial y de soliflucción (Dco), localizado en el municipio de Otanche, vereda Cambuco

Fuente: tomado de Google Earth (2015)

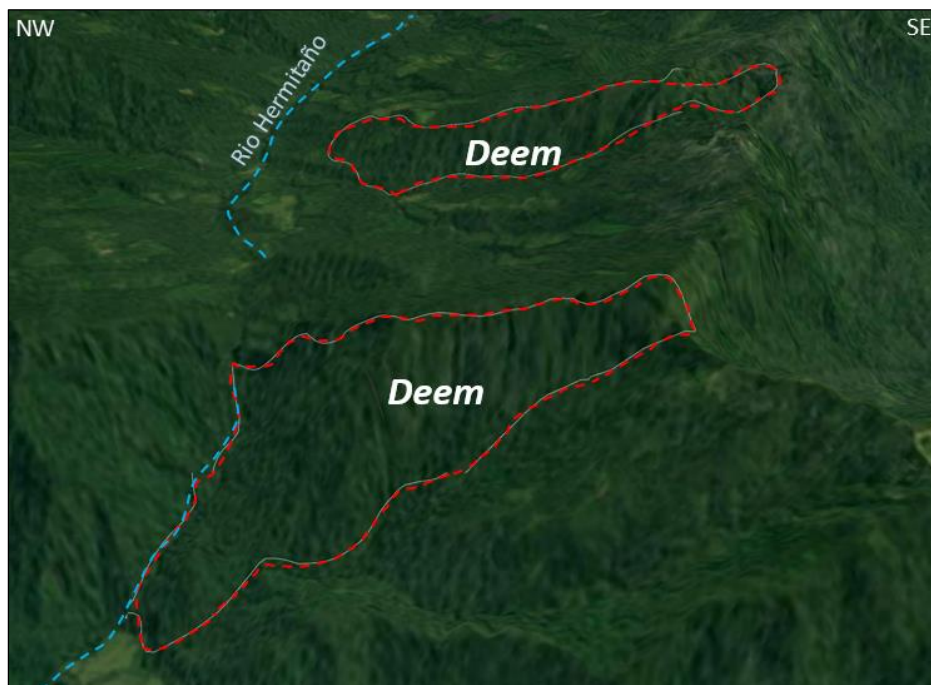
### 2.1.3 Escarpe de erosión mayor (Deem)

Corresponde con laderas subverticales, de forma recta, pendientes abruptas a muy escarpadas, con rango de inclinación mayor a 45° y una longitud corta a muy corta. Son



originadas por la socavación de las diferentes corrientes que discurren en el área, como se presenta en la quebrada Cobre.

Esta unidad se desarrolla sobre rocas pertenecientes al Grupo Olini (Kso), que consta de dos niveles de limolitas calcáreas, silíceas a veces chert, grises oscuros, interestratificadas con las limolitas, se presentan estratos de caliza bioesparíticas, grises oscuras; así como en rocas de la Formación Córdoba (Ksco), la cual consta de una sucesión de capas de limolitas calcáreas, grises oscuras a negras, con intercalaciones de calizas arenosas, micáceas, bastantes fosilíferas y rocas de la Formación San Juan de Río Seco (Tis), específicamente sobre el conjunto (Ti1), que se compone por una sucesión de conglomerados compuestos por cantos de cuarzo, fragmentos de cuarcita y chert. Esta unidad se localiza en la vereda Las Quinchas del municipio de Puerto Boyacá; la vereda Nuevo Mundo del municipio de Bolívar y la vereda Curubita del municipio de Otanche (figura 14).



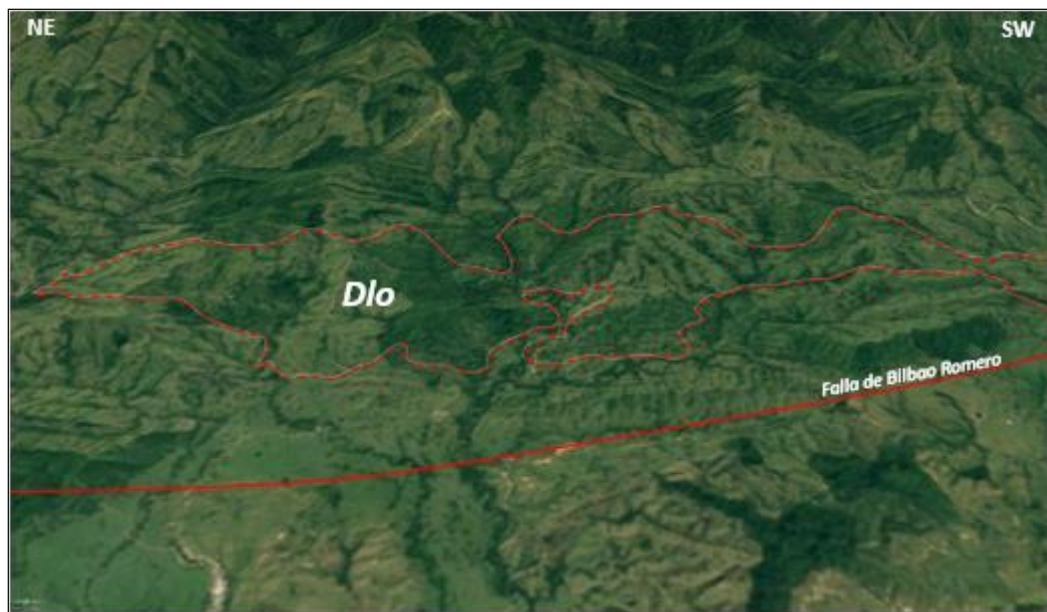
**Figura 14.** Escarpe de erosión mayor (Deem), localizado en el municipio de Bolívar, en la vereda Nuevo Mundo y en el municipio de Puerto Boyacá, en la vereda Las Quinchas  
Fuente: tomado de Google Earth (2014)

#### **2.1.4 Ladera ondulada (Dlo)**

Unidad geomorfológica de morfología alomada o colinada, con pendientes que varían de suavemente inclinada a muy abrupta, con una inclinación que oscila entre los 5°-21° , la

longitud de sus laderas es variable entre corta a moderadamente larga, con un índice de relieve relativo bajo (140 m), el patrón de drenaje es subdendrítico. Estas laderas son onduladas producto de la intercalación de materiales blandos y duros que por procesos de meteorización y erosión son deteriorados, pueden formar suelos residuales.

Unidad que se desarrolla sobre rocas Terciarias correspondiente a la Formación Cambras (Tmhc), la Formación Los Limones (Tmhl) y el conjunto (Ti2) de la Formación San Juan de Río Seco (Tis). La unidad se localiza en las veredas Teran, Filandia, Patevaca, Río Negro del municipio de Yacopí y la vereda Nuevo Mundo del municipio de Bolívar (figura 15).



**Figura 15.** Ladera ondulada (Dlo), localizado en el municipio de Yacopí, veredas La Filandia y Patevaca

Fuente: tomada de Google Earth (2015)

### 2.1.5 Loma desnuda (Dld)

Prominencia topográfica con morfología alomada y elongada, con un índice de relieve relativo bajo (80 m), de laderas cortas a muy cortas, con pendientes que varían de inclinadas a abruptas, con rangos de inclinación que oscilan entre los 6° y 20°, el patrón de drenaje es dendrítico. Su origen es relacionado a procesos intensos de meteorización y erosión diferencial.

Unidad desarrollada sobre rocas Terciarias correspondiente a la Formación Limones (Tmhl), conformada en la parte inferior por una alternancia de arcillolitas rojas y areniscas cuarzosas, de grano medio a grueso, hacia el techo predominan las arcillolitas

rojas. Esta unidad se localiza en las veredas La Filandia y el Morro del municipio de Yacopí a lo largo de la quebrada La Chorrera y en la vereda La Pagua en el municipio de Puerto Boyacá (figura 16).



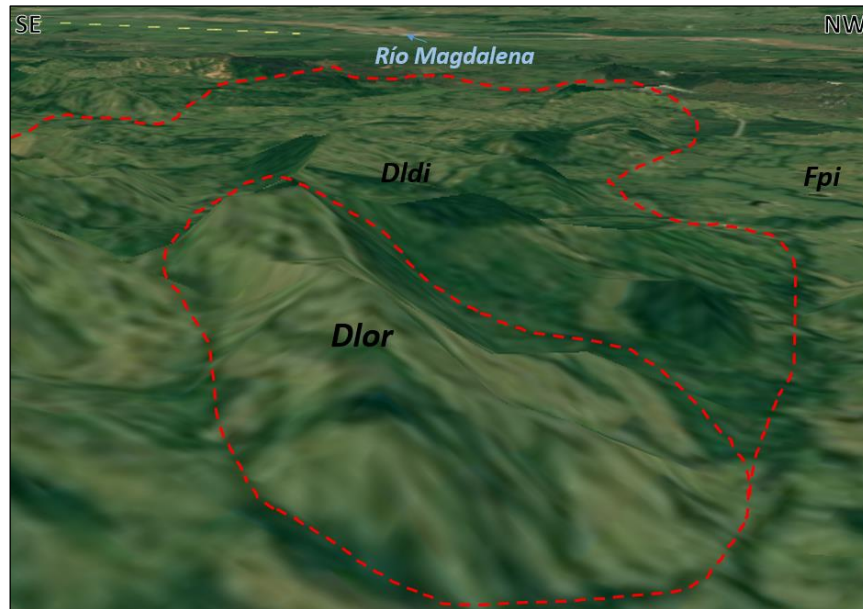
**Figura 16.** Loma denudada (Dld), localizada en el municipio de Yacopí, vereda La Filandia  
Fuente: tomado de Google Earth (2014)

### 2.1.6 Loma residual (Dlor)

Unidad geomorfológica caracterizada como una prominencia topográfica con índice de relieve relativo moderado (50 metros sobre su nivel basal local), con una morfología alomada y elongada, con laderas de forma cóncavo a convexa, de longitud corta a muy corta y una inclinación que varía de inclinada a abrupta, entre los 11° y 30° de inclinación (figura 17). Su origen se relaciona a procesos denudativos intensos (meteorización y erosión), los cuales han aislado la unidad del relieve circundante.

Se desarrolla sobre rocas Terciarias correspondientes a las formaciones San Antonio (Tmhs), la cual consta de conglomerados polimícticos compuestos por cuarzo, feldespatos y fragmentos de rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias; Formación Cambras (Tmhc), que en su parte inferior consta de capas de areniscas cuarzosas de grano medio a grueso, con alternancias de arcillolitas grises claras, en la parte media y superior se compone por arcillolitas violáceas, con intercalaciones de arenisca cuarzosa, de grano medio a grueso, y en rocas de la Formación Mesa (Tsm), conformada por una sucesión de gravas y arenas, con intercalaciones de arcillas. La unidad se ubica en la vereda Puerto Gutiérrez del municipio de Puerto Boyacá, la vereda Río Negro del

municipio de Yacopí y las veredas Galápago, La Reines y El Taladro en el municipio de Puerto Salgar.



**Figura 17.** Loma residual (Dlor), localizada en el municipio de Puerto Salgar, en las veredas El Taladro y La Reines

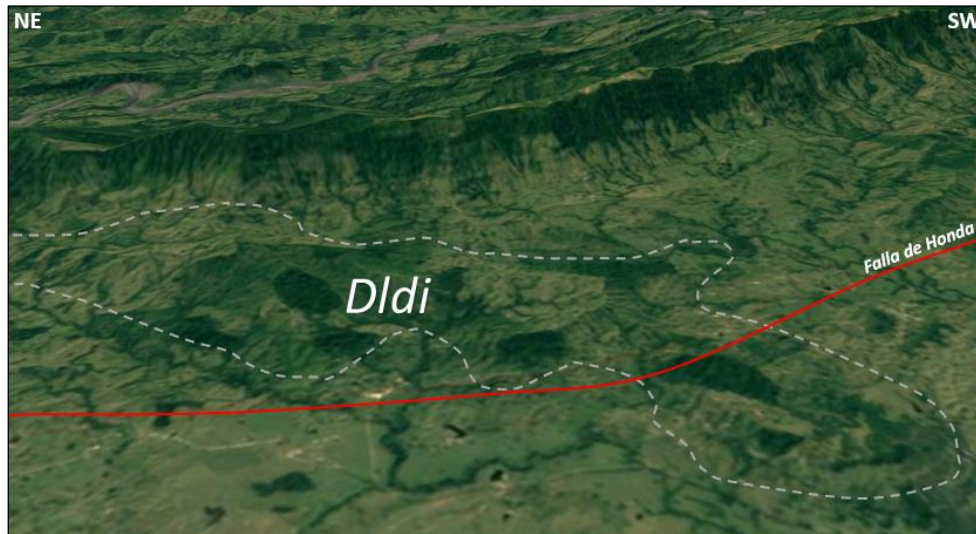
Fuente: tomado de Google Earth (2010)

### 2.1.7 Lomeríos disectados (Dldi)

Prominencias topográficas de morfología alomada o colinada, con cimas redondeadas y amplias, compuestas por laderas de forma convexa, con inclinaciones de ladera muy inclinadas a abruptas, en la zona se presentan con un índice de relieve relativo bajo (65 m). Estas geoformas son originadas por procesos de denudación intensos que originan la moderada disección del relieve.

La unidad se desarrolla sobre rocas Terciarias, pertenecientes a la Formación Cambras (Tmhc), que en su parte inferior consta de capas de areniscas cuarzosas de grano medio a grueso, grises claras, con alternancias de arcillolitas grises claras, en la parte media y superior se compone por arcillolitas violáceas, con intercalaciones de arenisca de cuarzosas, de grano medio a grueso; Formación San Antonio (Tmhs), que consta de conglomerados polimícticos compuestos por cuarzo, feldespatos y fragmentos de rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias y la Formación Los Limones (Tmhl), conformada en la parte inferior por una alternancia de arcillolitas rojas y areniscas cuarzosas, de grano medio a grueso y en el techo predominan las arcillolitas rojas. La unidad se localiza en las veredas El Galápago, La Reines y El Taladro en el municipio de Puerto Salgar, así

como en las veredas La Filandia, Río Negro y Pescado en el municipio de Yacopí (figuras 17 y 18).



**Figura 18.** Lomeríos disectados (Dldi), localizados en el municipio de Puerto Salgar, en la vereda La Rienes

Fuente: tomado de Google Earth (2014)

### **2.1.8 Lomeríos muy disectados (Dlmd)**

Conjunto de prominencias topográficas de morfología alomada o colinada, con cimas redondeadas y estrechas, de laderas cortas a moderadamente largas, de forma convexa, con un índice relativo bajo de menos de 60 metros y drenaje dendrítico. Estas geoformas son originadas por procesos denudativos intensos cuyas laderas se caracterizan por la alta disección generada por los drenajes.

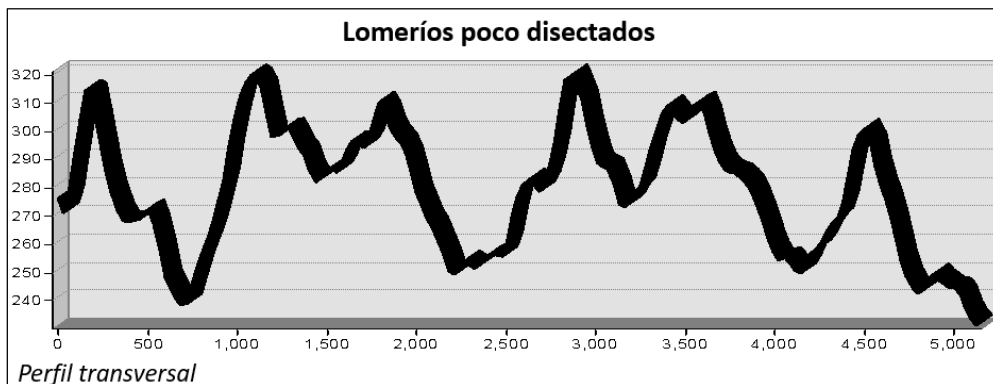
Esta unidad se desarrolla en rocas Terciarias correspondiente a la Formación San Antonio (Tmhs), consta de conglomerados polimícticos compuestos por cuarzo, feldspatos y fragmentos de rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias y en rocas de la Formación Los Limones (Tmhl), conformada por una alternancia de arcillolitas rojas y areniscas cuarzosas, de grano medio a grueso. La unidad se ubica en las veredas El Taladro, La Ceiba y Talavera del municipio de Puerto Salgar; la vereda La Filandia del municipio de Yacopí; las veredas El Marañal, Las Pavas, El Pescado, La Pizarra, Puerto Niño, Guanero, Velázquez en el municipio de Puerto Boyacá (figura 19).



**Figura 19.** Lomeríos muy disectados (Dlmd), localizados en el municipio de Puerto Boyacá, vereda Las Pavas  
Fuente: tomado de Google Earth (2014)

### 2.1.9 Lomeríos poco disectados (Dlpd)

Unidad geomorfológica que corresponde con prominencias topográficas de morfología alomada o colinada, con cimas eventualmente redondeadas y amplias, de laderas cortas a muy cortas, de forma rectas y cóncavo a convexas, con pendientes inclinadas a abruptas ( $5^{\circ}$ - $20^{\circ}$ ), y un índice de relieve relativo bajo (menor a 50 m). En estos lomeríos los procesos de incisión son muy leves y generalmente dichas unidades se encuentran en áreas centrales o alejados del frente erosivo. Se originan por procesos de erosión. Unidad desarrollada sobre rocas del Terciario correspondiente al conjunto (Ti3) de la Formación San Juan de Río Seco (Tis), que consiste en arcillolitas abigarradas, en capas muy gruesas, de 1 a 2 m de espesor. La unidad se localiza en la vereda Arena Alta perteneciente al municipio de Bolívar (figura 20).

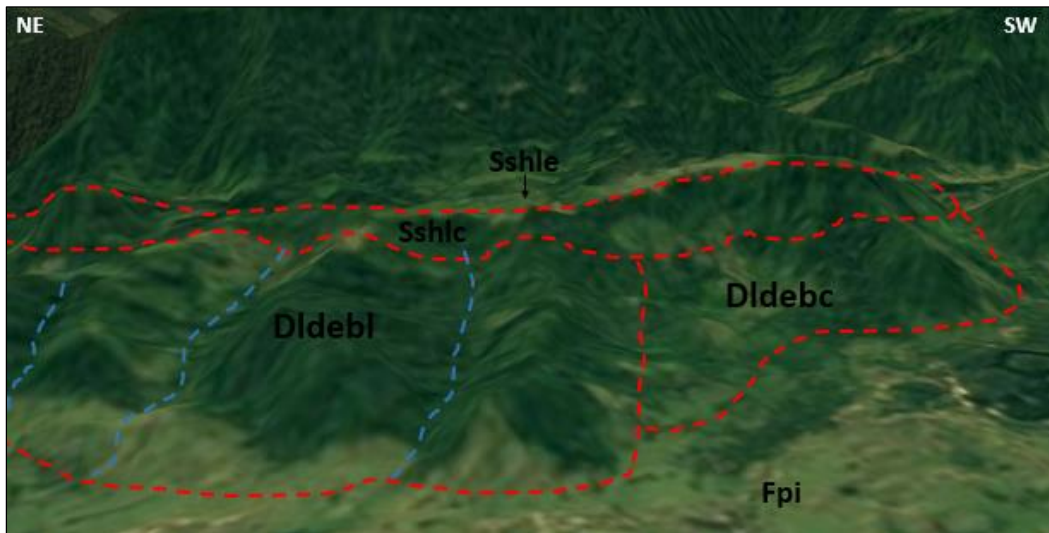


**Figura 20.** Lomeríos poco disectados (Dlpd), localizados en el municipio de Bolívar, en la vereda Arena Alta  
Fuente: autores

### 2.1.10 Lomo denudado bajo de longitud corta (Dldebc)

Conjuntos de lomos ubicados a diferentes alturas, con un índice relativo bajo (menor a 50 metros) y una longitud de eje principal menor a 250 metros. Se trata de una forma alargada en dirección perpendicular a la quebrada Dos Quebradas. Estos lomos tienen crestas subredondeadas. El tope o parte superior puede tener diferentes formas dependiendo del grado de incisión del drenaje, el tipo de saprolito que ha desarrollado la roca dominante y de los procesos erosivos que lo han modelado. La inclinación y orientación del eje del lomo puede informar de procesos y velocidades de levantamiento del conjunto cordillerano o de la velocidad de la erosión del río principal o eje geomorfológico (figura 21).

Esta geoforma se desarrolla sobre rocas de la Formación Córdoba (Ksco), que consta de una sucesión de capas de limolitas calcáreas, grises oscuras a negras, con intercalaciones de calizas arenosas, micáceas, bastantes fósilíferas. Esta unidad se localiza al margen izquierdo de la quebrada Dos Quebradas en la vereda Las Quinchas del municipio de Puerto Boyacá.



**Figura 21.** Lomo denudado bajo de longitud corta (Dldebc) y Lomo denudado bajo de longitud larga (Dldebl), localizados en el municipio de Puerto Boyacá, en la vereda Las Quinchas  
Fuente: tomado de Google Earth (2007)

### 2.1.11 Lomo denudado bajo de longitud larga (Dldebl)

Unidad geomorfológica que corresponde a conjuntos o sistemas de lomos o fillos ubicados a diferentes alturas con un índice de relieve relativo bajo menor de 250 metros y una longitud de su eje principal, mayor a 1.000 m. Se trata de formas alargadas en

dirección perpendicular al río Negro, de forma convexa con una cresta subredondeada. El tope o parte superior puede tener diferentes formas dependiendo del grado de incisión del drenaje, el tipo de saprolito que ha desarrollado la roca dominante y de los procesos erosivos que lo han modelado. La inclinación y orientación del eje del lomo puede informar de procesos y velocidades de levantamiento del conjunto cordillerano (figura 21).

La unidad se desarrolla sobre rocas Cretáceas del Grupo Guaguaquí (Kig), compuesto por una sucesión de capas de arcillolitas negras, micáceas con numerosas concreciones calcáreas y limolitas calcáreas silíceas, ocasionalmente se presentan chert, con abundantes foraminíferos; rocas del Grupo Olini (Kso), que consta de dos niveles de limolitas calcáreas, silíceas a veces chert, grises oscuros, interestratificadas con las limolitas, se presentan estratos de caliza bioesparíticas, grises oscuras y finalmente rocas de la Formación Córdoba (Ksco), conformada por una sucesión de capas de limolitas calcáreas, grises oscuras a negras, con intercalaciones de calizas arenosas, micáceas, bastante fosilíferas. La unidad se ubica en las veredas El Morro y Las Quinchas del municipio de Puerto Boyacá y en la vereda El Carmen del municipio de Otanche.

### **2.1.12 Lomo desnudo moderado de longitud larga (Dldeml)**

Conjuntos de lomos o filos ubicados a diferentes alturas, con un índice de relieve relativo variable entre bajo a muy alto entre 250 y 1.000 metros, específicamente por encima de los 600 metros, y una longitud del eje principal larga (2.000 metros), son formas alargadas en dirección perpendicular al río Guchaquí y la quebrada Dos Quebradas. El tope o parte superior puede tener diferentes formas dependiendo del grado de incisión del drenaje, el tipo de saprolito que ha desarropado la roca dominante y los procesos que la han modelado. La inclinación y orientación del eje del lomo puede informar de procesos y velocidades de levantamiento del conjunto cordillerano o de la velocidad de la erosión del río principal o eje geomorfológico (figura 22).

Unidad desarrollada en rocas del Cretáceo inferior, que corresponden al Grupo Guaguaquí (Kig), compuesto por una sucesión de capas de arcillolitas negras, micáceas con numerosas concreciones calcáreas y limolitas calcáreas silíceas, ocasionalmente se presentan chert, con abundantes foraminíferos y en rocas del conjunto (Ti2) de la Formación San Juan de Río Seco (Tis), la cual consta de arcillolitas grises con tonalidades rojizas con intercalaciones de areniscas y fragmentos de cuarcitas, esquistos y chert. La unidad se localiza en las veredas El Oasis y La Cunchalita en el municipio de Otanche, en la vereda El Castillo del municipio de Yacopí y la vereda Las Quinchas del municipio de Puerto Boyacá.



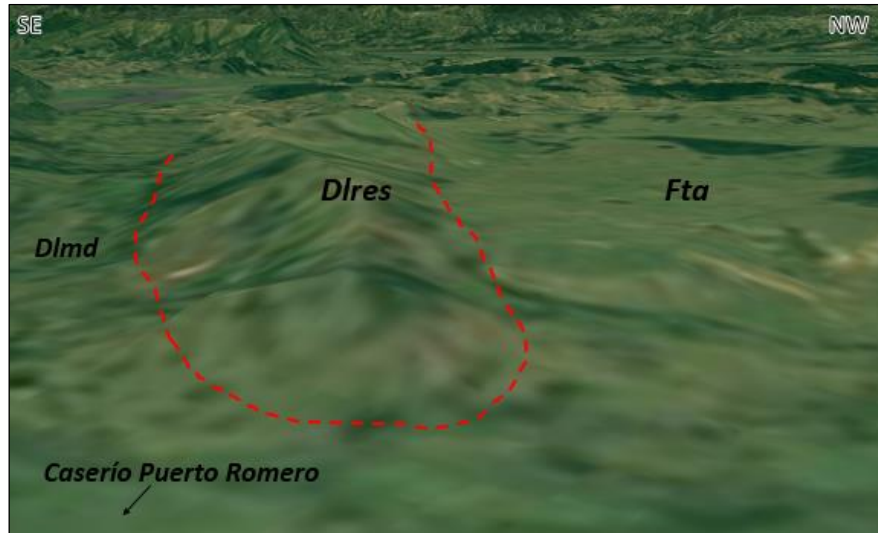


**Figura 22.** Lomo denudado moderado de longitud larga (Dldeml), localizados en el municipio de Otanche, en la vereda Cunchalita, sector La Cunchalita  
Fuente: tomado de Google Earth (2015)

### 2.1.13 Lomo residual (Dlres)

Prominencia topográfica con un relieve relativo bajo menor de 200 metros, con morfología alargada y alomada, compuesto por laderas moderadamente largas con un promedio de 270 metros, eventualmente cóncava y de pendiente abrupta a muy abruptas, con inclinaciones que oscilan de 16° a 30°, con drenaje dendrítico. Su origen se asocia a procesos denudativos diferenciales (figura 23).

Esta unidad se desarrolla en rocas Terciarias correspondientes a la Formación Los Limones (Tmhl), conformada en la parte inferior por una alternancia de arcillolitas rojas y areniscas cuarzosas, de grano medio a grueso, friables, en el techo consta principalmente de arcillolitas rojas. La unidad se localizada en las veredas El Morro y Río Negro del municipio de Yacopí, y la vereda Las Pavas del municipio de Puerto Boyacá.



**Figura 23.** Lomo residual (Dires), localizado en el municipio de Puerto Boyacá, en la vereda Las Pavas  
Fuente: tomado de Google Earth (2017)

#### **2.1.14 Montículo y ondulaciones denudacionales (Dmo)**

Elevación del terreno con una altura menor de 50 metros sobre su nivel base local, que corresponde a un índice de relieve relativo muy bajo, con morfología colinada, compuestos por laderas cóncavas a convexas, con pendientes muy inclinadas a abruptas, con ángulos de inclinación que oscilan desde 11° a 20°, con longitudes muy cortas y cimas redondeadas. La génesis de esta unidad se debe principalmente a la acción de periodos intensos de denudación favorecidos por la composición litológica de las rocas, la unidad se encuentra disectada por drenajes menores.

Unidad desarrollada en rocas Terciarias que corresponden a la Formación Los Limones (Tmhl), conformada en la parte inferior por una alternancia de arcillolitas rojas y areniscas cuarzosas, de grano medio a grueso y en el techo consta principalmente de arcillolitas rojas y en rocas de la Formación La Mesa (Tsm), conformada por una sucesión de gravas y arenas, con intercalaciones de capas de arcillas. La unidad se localiza en las veredas El Guayabo, Río Negrito, La Reines, El Taladro en el municipio de Puerto Salgar, en las veredas El Pescado, Puerto Gutiérrez, Las Pavas, Puerto Gutiérrez, El Pecado, Puerto Niño y Calderón en el municipio de Puerto Boyacá (figura 24).



**Figura 24.** Montículo y ondulaciones denudacionales (Dmo), localizado en el municipio de Puerto Boyacá en las veredas Calderón y Puerto Gutiérrez

Fuente: tomado de Google Earth (2014)

### 2.1.15 Planicie (Dp)

Corresponde con una porción de terreno plana a suavemente inclinada, generalmente menor a 5°, con una longitud 3.200 metros aproximadamente, presenta sistema de drenaje complejo. Se origina por procesos denudativos intensos. Se desarrolla sobre rocas Terciarias de la Formación La Mesa (Tsm), conformada por una sucesión de gravas y arenas, con intercalaciones de capas de arcillas. La unidad se ubica en las veredas Calderón y La Pagua del municipio de Puerto Boyacá (figura 25).



**Figura 25.** Planicie (Dp), localizada en el municipio de Puerto Boyacá, vereda Calderón.

Fuente: tomado de Google Earth (2014)

## 2.2 Geformas de origen fluvial y lagunar

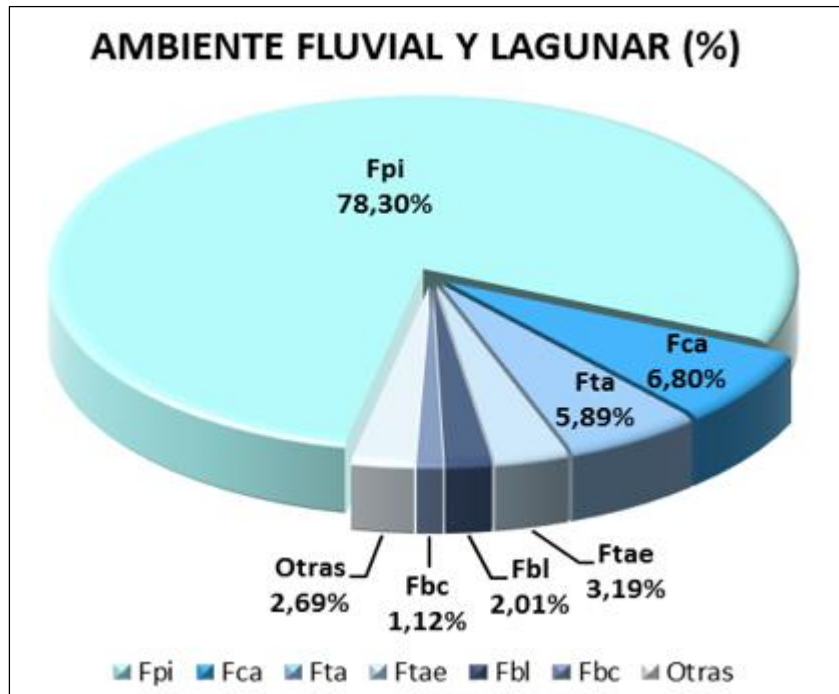
Incluye las geformas que se originan por procesos de erosión de las corrientes de los ríos y por la acumulación o sedimentación de materiales en las áreas aledañas a dichas corrientes, tanto en épocas de grandes avenidas e inundación, como en la dinámica normal de las corrientes perennes, durante la época seca. De esta manera, es posible encontrar unidades aledañas a ríos, quebradas y en el fondo de los cauces, cuyos depósitos son transportados y acumulados cuando éstas pierden su capacidad de arrastre.

Las unidades geomorfológicas del ambiente fluvial y lagunar en el área de estudio están asociadas con la dinámica de las quebradas Las Palomas, La Fiebre, Las Pavas, Confusa y Velásquez y los ríos Magdalena, Guaguaquí, Córdoba y Negro, los cuales discurren en sentido este-oeste a excepción del Magdalena que discurren en sentido sur-norte. La unidad que mayor área ocupa dentro del ambiente corresponde con Planos o llanuras de inundación (Fpi) con el 78,3%. Las unidades que componen al ambiente fluvial y lagunar se representan a continuación en la tabla 8 y en las figuras 26 y 27.

**Tabla 8.** Relación geformas ambiente fluvial y lagunar, plancha 169 – Puerto Boyacá

Ambiente	Código	Unidad geomorfológica	Área (km <sup>2</sup> )	Área %	Total (km <sup>2</sup> )
FLUVIAL Y LAGUNAR	Fbp	Barra puntual	1,297	0,23%	574,69
	Fbl	Barra longitudinal	11,539	2,01%	
	Fbc	Barra compuesta	6,429	1,12%	
	Fca	Cauce aluvial	39,093	6,80%	
	Ftae	Escarpe de terraza de acumulación	18,338	3,19%	
	Ftee	Escarpe de terraza de erosión	1,702	0,30%	
	Flg	Laguna	0,717	0,12%	
	Fpac	Planicie aluvial confinada	4,886	0,85%	
	Fpi	Plano o llanura de inundación	449,991	78,30%	
	Fta	Terraza de acumulación	33,827	5,89%	
	Ftas	Terraza de acumulación subreciente	5,657	0,98%	
Fte	Terraza de erosión	1,217	0,21%		

Fuente: autores



**Figura 26.** Representación porcentual de las unidades del ambiente fluvial y lagunar, 169 – Puerto Boyacá  
Fuente: autores

La tabla 8, muestra doce (12) unidades correspondientes al ambiente fluvial y lagunar el cual abarca el 23,95% del total del área, correspondiente a la plancha 169 – Puerto Boyacá. Su distribución espacial en la plancha se evidencia en la figura 27.

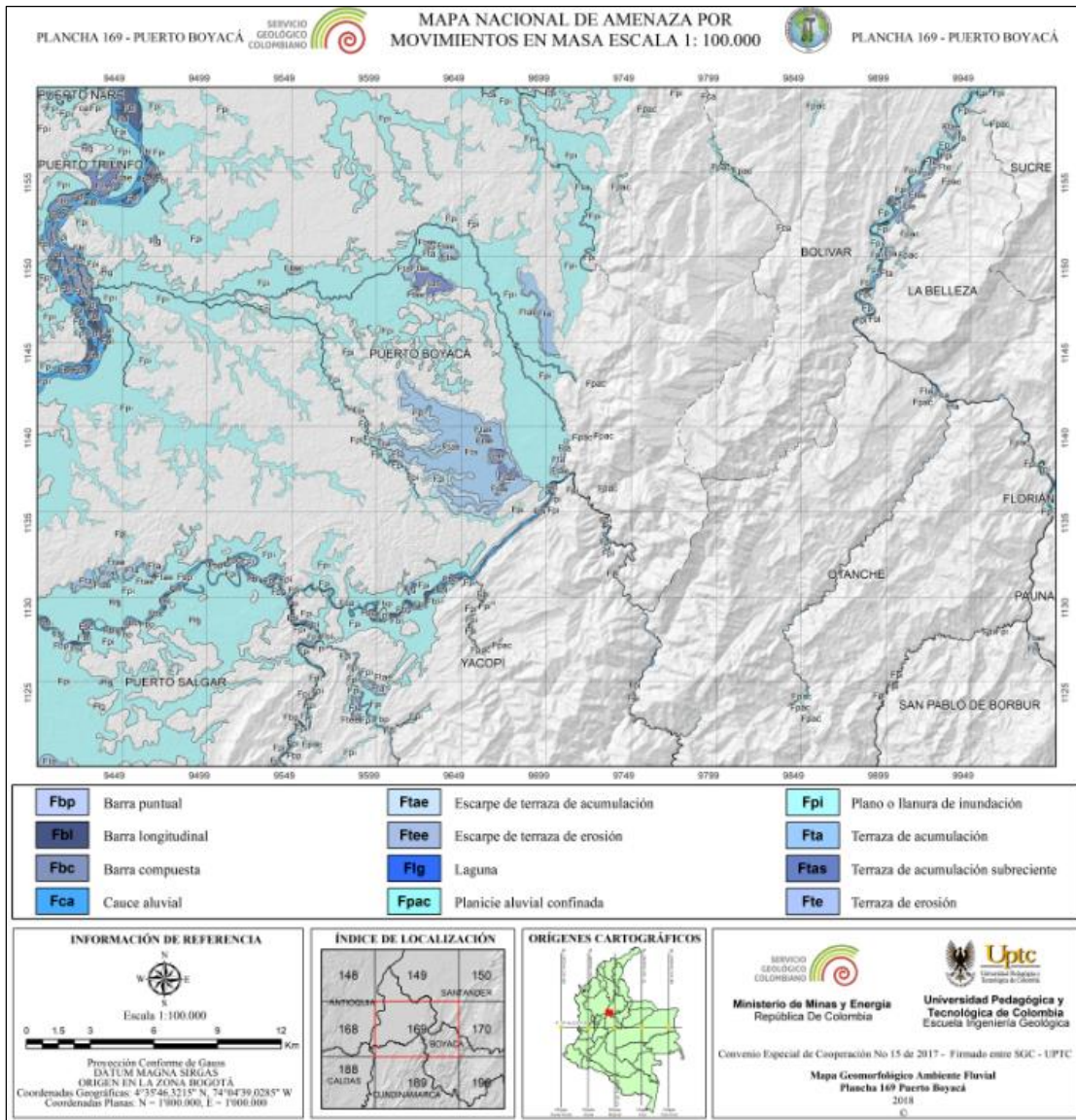
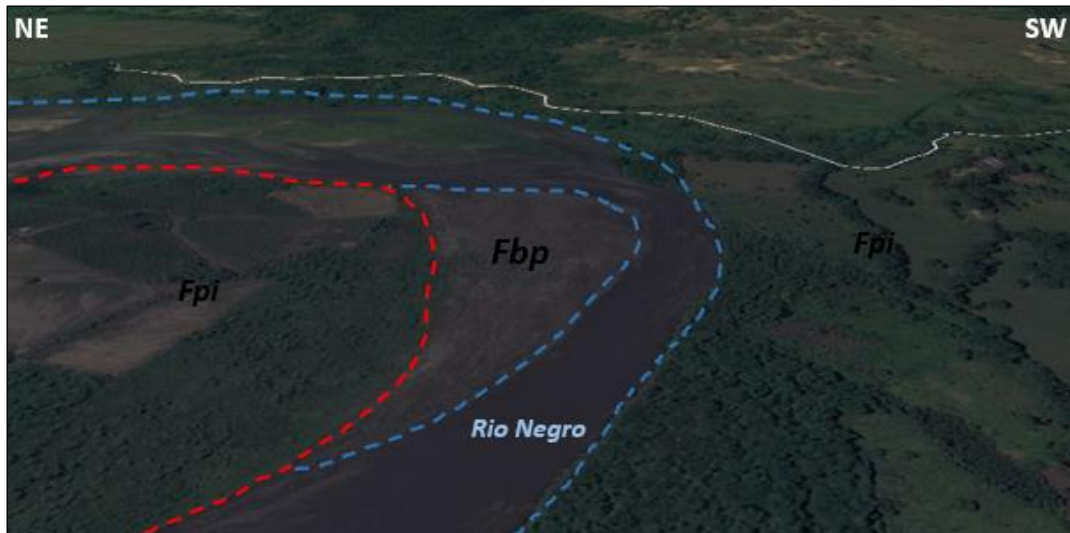


Figura 27. Mapa de unidades geomorfológicas del ambiente fluvial y lagunar, 169 – Puerto Boyacá  
Fuente: autores

### 2.2.1 Barra puntual (Fbp)

Unidad geomorfológica que se presenta como un cuerpo en forma de media luna, con morfología suavemente ondulada, compuesta de crestas y artesas curvas de poca altura. Estos cuerpos se localizan en la parte cóncava de los meandros del río Negro. Se originan por acumulación de sedimentos erosionados de las partes convexas del cauce (figura 28). Esta unidad se desarrolla sobre depósitos Aluviales (Qal), conformados por arenas y gravas de cuarzo con matriz areno-arcillosa, se asocian con las márgenes de los ríos

Negro y Magdalena. Esta unidad se localiza en los municipios Yacopí, sobre las veredas Teran, Río Negro, La Filandia y Patevaca; Puerto Boyacá, sobre las veredas Puerto Niño, Guanegro y Puerto Gutiérrez; Puerto Triunfo, sobre la vereda Puerto Pita; y Puerto Salgar, sobre las veredas El Guayabo, El Galápagos y Cano Pescado.



**Figura 28.** Barra puntual (Fbp), localizada en el municipio de Puerto Salgar, vereda El Guayabo, sector Isla Palomo

Fuente: tomado de Google Earth (2014)

### 2.2.2 Barra longitudinal (Fbl)

Unidad geomorfológica que se presenta como un cuerpo elongado de forma romboidal, convexo en la planta y con morfología suavemente ondulada, se dispone en forma paralela al centro del cauce de los ríos Magdalena y Negro, la punta más aguda se dispone en la dirección en que fluyen las corrientes. Su origen se relaciona por la acumulación de sedimentos durante grandes inundaciones, que posterior a la disminución del caudal quedan como remanentes que dividen las corrientes.

Esta unidad se desarrolla sobre depósitos Aluviales (Qal), conformados por arenas y gravas de cuarzo con matriz areno-arcillosa, se asocian con las márgenes de los ríos Negro y Magdalena. Esta unidad se localiza en los municipios Bolívar, sobre las veredas Peña Ariza, Arena Alta y Nuevo Mundo; La Belleza, sobre la vereda Ceiba; Yacopí, sobre las veredas El Morro, Patevaca, La Filandia y Río Negro; Puerto Salgar, sobre las veredas El Guayabo, El Galápagos y Cano Pescado; Puerto Triunfo, sobre las veredas Puerto Perales, Puerto Pita, La Esmeralda y Santiago Berrio; y Puerto Boyacá, sobre las veredas Calderón, Puerto Niño, El Pescado, Maranal, Las Pavas, Puerto Gutiérrez y Guanegro (figura 29).

### **2.2.3 Barrera compuesta (Fbc)**

Unidad geomorfológica en que se dispone como un conjunto de barras unitarias que alcanzan decenas de metros lateralmente y varios kilómetros longitudinalmente. Con un espesor variable de acuerdo a la capacidad de transporte de las corrientes, en este caso del río Negro y del río Magdalena. Su origen es relacionado al amalgamiento de varias barras, como resultado de múltiples eventos de erosión y sedimentación y/o por la reocupación de canales y cauces abandonados.

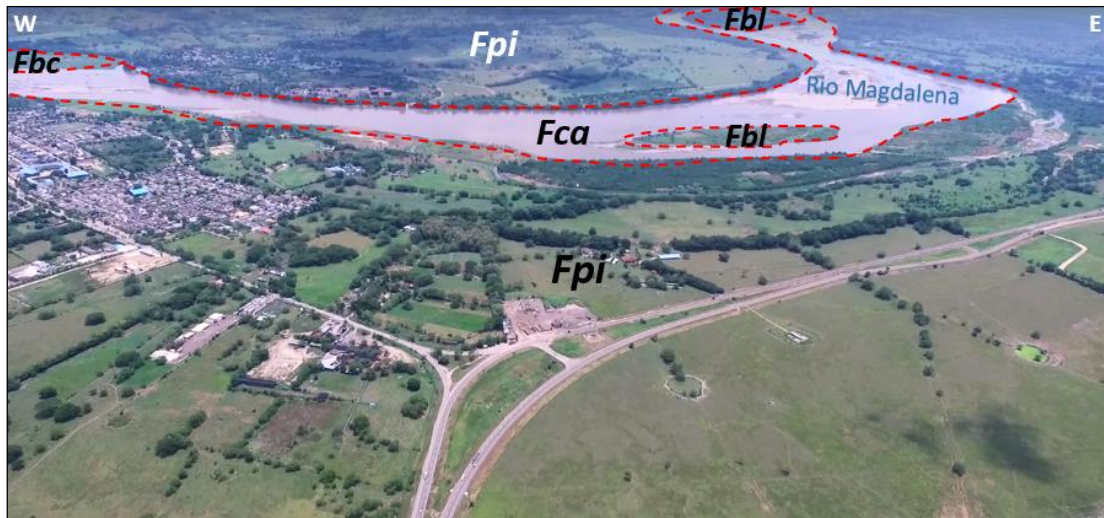
Esta unidad se desarrolla sobre depósitos Aluviales (Qal), conformados por arenas y gravas de cuarzo con matriz areno-arcillosa. Se localiza en los municipios Yacopí, sobre las veredas Patevaca, La Filandia y Río Negro; Puerto Salgar, sobre las veredas El Guayabo y El Galápagos; Puerto Triunfo, sobre las veredas Puerto Perales, Puerto Pita, La Esmeralda y Santiago Berrio; y Puerto Boyacá, sobre las veredas Puerto Niño, El Pescado, Puerto Gutiérrez y Guanegro (figuras 29 y 30).

### **2.2.4 Cauce aluvial (Fca)**

Unidad geomorfológica que se representa como un canal de forma irregular excavado por el socavamiento de las corrientes de los ríos Negro, Magdalena, Minero, Ermitaño, caño El Abejorro, y las quebradas Cobre y Patambrias en sedimentos aluviales, presenta pendientes planas a inclinadas con rangos que oscilan entre los 5° y los 10°. Dependiendo de factores como pendiente, resistencia del lecho, carga de sedimentos y caudal, pueden persistir por grandes distancias. Los cauces rectos se restringen a valles estrechos en forma de V, generalmente relacionados al control estructural de fallas o diaclasas. Estos cauces cuando recorren grandes distancias pueden formar lagunas y rápidos. Cuando las corrientes fluyen en zonas semiplanas a planas (llanura aluvial), los cauces son de tipo meándrico o divagante, como producto del cambio súbito de la dirección del flujo. Dependiendo la cantidad de carga de sedimentos, la pendiente y caudal pueden llegar a formar sistemas anastomosados, trenzados, divergentes y otras unidades asociadas.

Esta unidad se localiza en los municipios Sucre, Bolívar, Florián, La Belleza, Bolívar, Yacopí, Puerto Salgar, Puerto Nare, Puerto Triunfo, San Pablo de Borbur, Puerto Boyacá, Pauna y principalmente Otanche, sobre las veredas Mirador, La Cunchalita, San José Nazareth, Curubita, San Pablal, Camilo, La Laguna, Los Blancos, Bolívar, Buenos Aires, Manca, Pénjamo, El Roble, Cocos, Palenque, Cachipay, El Oasis, Altazor, Cartagena, Samal, Cambuco, y Cortaderal (figuras 29 y 30).



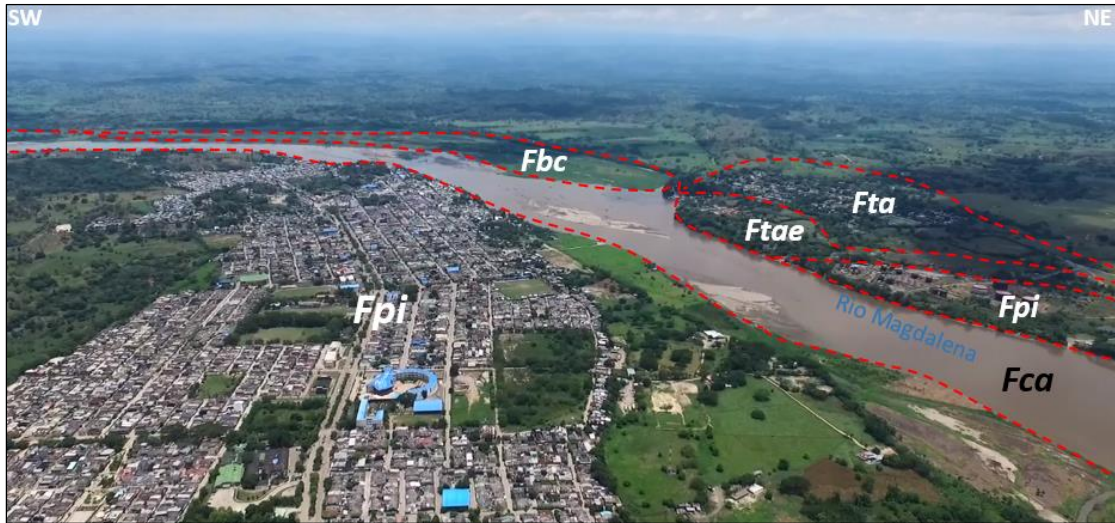


**Figura 29.** Cauce aluvial (Fca), Plano o llanura de inundación (Fpi) y Barras longitudinal (Fbl), localizados en el casco urbano del municipio de Puerto Boyacá y en la vereda Puerto Nino  
Fuente: tomado de Concesionaria Ruta del Sol (2016)

### 2.2.5 Escarpe de terraza de acumulación (Ftae)

Unidad geomorfológica que se presenta en forma de planos subverticales escalonados, producto del socavamiento de los drenajes en sedimentos aluviales que bordean las terrazas de acumulación. Se asocia a la erosión y profundización de los ríos Negro y Magdalena, y del caño La Confusa y la quebrada Velásquez.

Esta unidad se desarrolla sobre depósitos Aluviales (Qal), conformados por arenas y gravas de cuarzo con matriz areno-arcillosa, se asocian con las márgenes de los principales drenajes en el área. Esta unidad se localiza en los municipios Bolívar, La Belleza, Yacopí, Puerto Salgar, Puerto Triunfo, San Pablo de Borbur, Otanche, Pauna y principalmente Puerto Boyacá, sobre las veredas Puerto Niño, Velásquez, Las Pavas, Puerto Perales, La Pizarra, Las Quinchas, Guanegro y Puerto Gutiérrez (figuras 30 y 33).



**Figura 30.** Escarpe de terraza de acumulación (Ftae), localizado en el departamento de Boyacá en el casco urbano del municipio de Puerto Boyacá y en la vereda Puerto Perales  
Fuente: tomado de Concesionaria Ruta del Sol (2016)

### 2.2.6 Escarpe de terraza de erosión (Ftee)

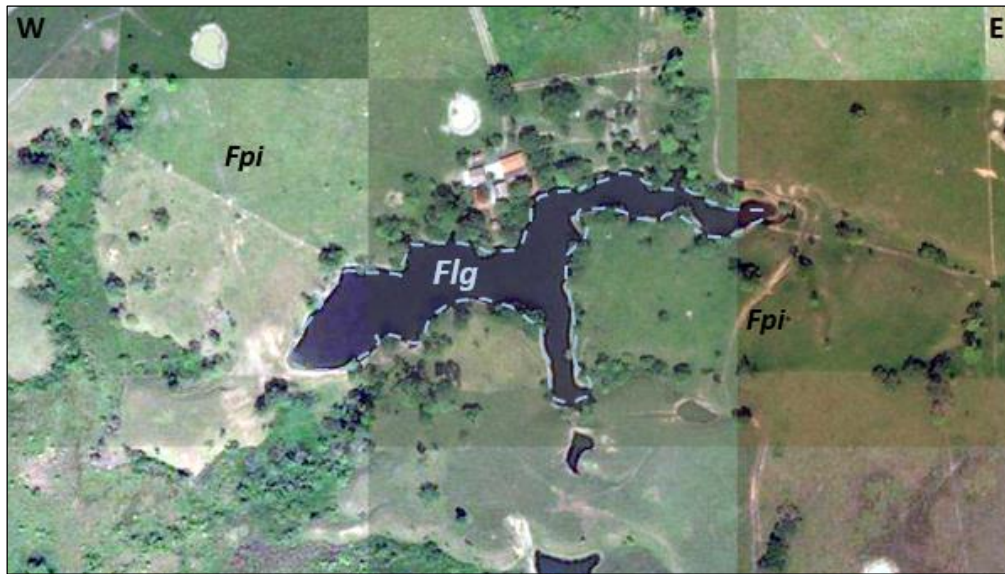
Unidad geomorfológica que se presenta como planos subverticales escalonados que rodean las terrazas aluviales de erosión, la altura del escarpe puede alcanzar hasta los 70 m. Se originan por la incisión y profundización del cauce de los ríos Minero y Negro, sobre unidades rocosas más o menos recientes.

Esta unidad se desarrolla sobre depósitos Aluviales (Qal), conformados por arenas y gravas de cuarzo con matriz areno-arcillosa, se asocian con las márgenes de los principales drenajes en el área. Esta unidad se localiza en los municipios Bolívar, sobre la vereda Arena Alta; Yacopí, sobre la vereda Terán; La Belleza, sobre las veredas Ceiba y Abarco, en la margen derecha del río Minero (figura 34).

### 2.2.7 Laguna (Flg)

Depósito natural de agua de dimensiones inferiores, en relación a los lagos tanto en área como en profundidad. Dicha profundidad varía de acuerdo a las condiciones ambientales donde se localice y a su grado de colmatación (acumulación de sedimentos). Las lagunas de origen fluvial, se relacionan con la inundación de antiguas depresiones durante la época de alta pluviosidad, estas pueden permanecer incluso en épocas secas ya que son pobremente drenadas. Estas lagunas se asocian a la dinámica fluvial de los ríos Negro y Magdalena.

Se desarrolla sobre depósitos Aluviales (Qal), conformados por arenas y gravas de cuarzo con matriz areno-arcillosa. Esta unidad se localiza en los municipios Puerto Salgar, sobre las veredas Ríonegrito y El Guayabo; Puerto Triunfo, sobre la vereda Puerto Perales; y Puerto Boyacá, sobre las veredas Puerto Niño, Guanegro y Puerto Gutiérrez (figura 31).



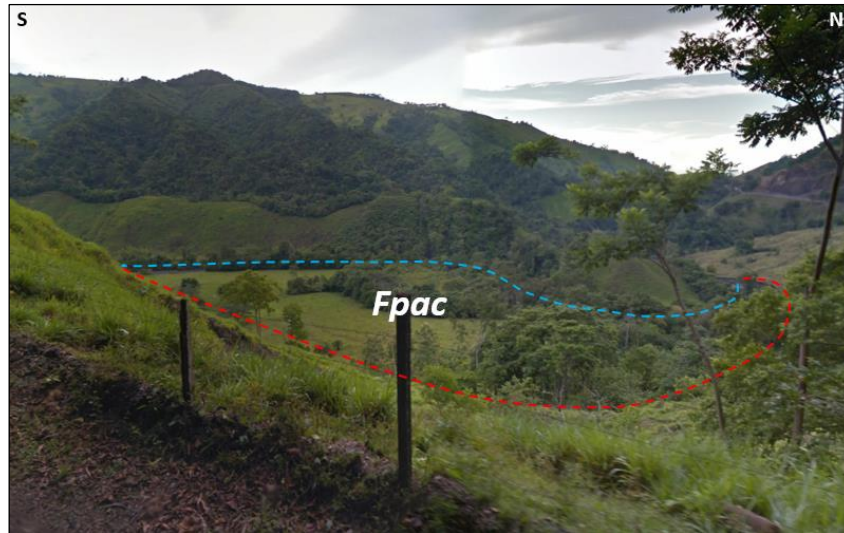
**Figura 31.** Laguna (Flg), localizada en el municipio de Puerto Salgar, en la vereda El Guayabo, sector Buenos Aires

Fuente: tomado de Google Earth (2017)

### 2.2.8 Planicie aluvial confinada (Fpac)

Unidad geomorfológica que se presenta como franjas de morfología plana y angosta eventualmente inundable, con pendientes menores a 5°, que se originan donde el cauce de los ríos Cáceres, Ermitaño y de las quebradas Las Quinchas, Aguas Frías, La Fiebre, La Guinea y Velásquez, se amplían y luego se estrechan generando valles en “V” de fondo plano, es limitada por unidades de morfología montañosa y escarpada.

Esta unidad se desarrolla sobre depósitos Aluviales (Qal), conformados por arenas y gravas de cuarzo con matriz areno-arcillosa, se asocian con las márgenes de los principales drenajes en el área. Se localiza en los municipios Sucre, Bolívar, La Belleza, Puerto Boyacá, Otanche y principalmente Yacopí, sobre las veredas Aguablanca, Castillo, Clavijo, Río Negro y Patevaca (figura 32).



**Figura 32.** Planicie aluvial confinada (Fpac), localizada en el municipio de Puerto Boyacá, vereda las Quinchas

Fuente: tomado de Google Earth (2014)

### 2.2.9 Plano o llanura de inundación (Fpi)

Unidad geomorfológica que se presenta como una superficie de morfología plana, baja a ondulada, que se localizan bordeando los cauces de los ríos Magdalena y Minero y en las quebradas Velásquez, La Fiebre, Las Pavas; Dos Quebradas, Damiana, Las Pavitas, y en los caños Arenoso, Venado, El Abejorro, Sacamujeres, entre otros, generalmente limitado por escarpes de terraza, los planos fluviales menores tienen forma de “U” o “V”, en las regiones montañosas, donde las corrientes tienden a unirse con sus tributarios para formar el cauce principal (río Magdalena y río Negro), generalmente con patrón de drenaje subparalelo. Su origen se asocia a periodos con altas precipitaciones donde los cauces aluviales se desbordan inundando zonas adyacentes.

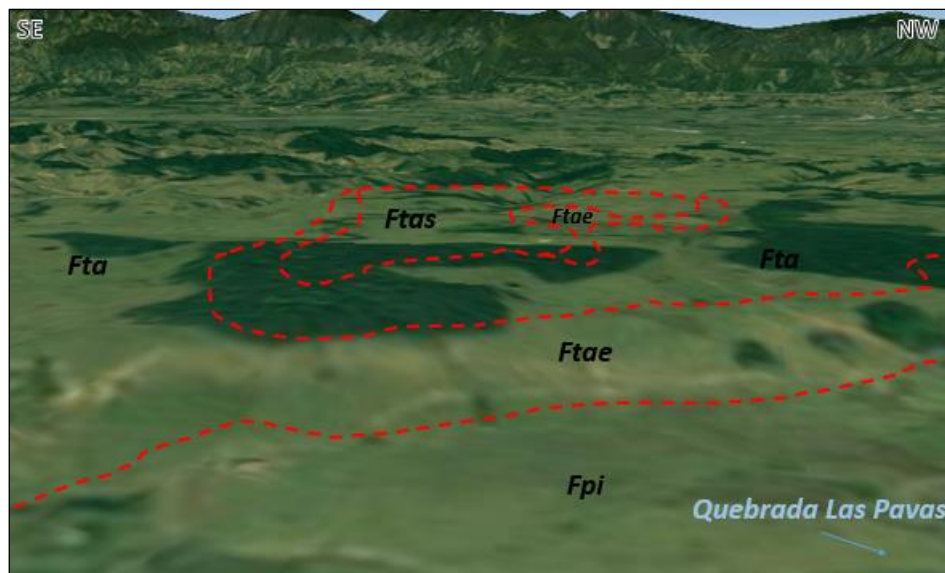
Esta unidad se desarrolla sobre depósitos Aluviales (Qal), conformados por arenas y gravas de cuarzo con matriz areno-arcillosa. Esta unidad localiza en los municipios Sucre, Bolívar, Florian, La Belleza, Puerto Nare, Puerto Triunfo, San Pablo de Borbur, Otanche, Pauna, Puerto Salgar y principalmente Puerto Boyacá y Yacopí (figuras 28, 29 y 30).

### 2.2.10 Terraza de acumulación (Fta)

Unidad geomorfológica de topografía baja, de morfología aterrizada y suavemente ondulada, con pendientes planas poco inclinadas con rangos que oscilan entre los 5° y 10°, generalmente es limitada por escarpes de altura variable a largo de los ríos Magdalena, Negro y Minero y en las quebradas Las Pavas y Velásquez. Su origen se asocia

a la acumulación de sedimentos por transporte de forma fluvial que posterior a la acumulación fueron disectados y erosionados por procesos hídricos, generando profundización vertical y como consecuencia un cambio de nivel base local (figuras 30 y 33).

Esta unidad se desarrolla sobre depósitos Aluviales (Qal), conformados por arenas y gravas de cuarzo con matriz areno-arcillosa. Esta unidad se localiza en los municipios Bolívar, Florian, La Belleza, Yacopí, Puerto Salgar, Puerto Triunfo, San Pablo de Borbur, Otanche y principalmente Puerto Boyacá, sobre las veredas Puerto Niño, Velásquez, Las Pavas, La Pizarra, Las Quinchas, Guanegro y Puerto Gutiérrez.



**Figura 33.** Terraça de acumulación (Fta), Terraça de acumulación subreciente (Ftas), localizadas en el municipio de Puerto Boyacá, vereda Las Pavas  
Fuente: tomado de Google Earth (2017)

### 2.2.11 Terrazas de acumulación subreciente (Ftas)

Unidad geomorfológica que se presenta como una superficie plana ligeramente inclinada, de morfología aterrazada a ondulada, remante de terrazas subrecientes, localmente pueden presentarse basculadas, con inclinaciones entre 3° a 5°, limitadas por escarpes de hasta 20 metros de altura aproximadamente. Su origen se relaciona a la ampliación del valle del río Magdalena y Negro por erosión de sus márgenes, donde la anterior superficie de llanura aluvial queda adosada a los márgenes de valle de forma escalonada definiendo la terraza (figura 33).

Esta unidad se desarrolla sobre depósitos Aluviales (Qal), conformados por arenas y gravas de cuarzo con matriz areno-arcillosa. Se localiza en los municipios Puerto Triunfo, sobre la vereda Puerto Perales; y Puerto Boyacá, sobre las veredas Las Pavas y La Pizarra.

### 2.2.12 Terraza de erosión (Fte)

Unidad geomorfológica que se presenta como superficies aterrazadas, planas a suavemente onduladas, que son limitadas por escarpes de altura variable, se presenta de forma alterna no pareada a lo largo del cauce del río Minero y de la quebrada de Lusa. Se origina por procesos de erosión aluvial lateral y procesos de levantamiento tectónico que afectan el sustrato rocoso.

Esta unidad se desarrolla sobre rocas de las formaciones San Juan de Río Seco (Tis), conjunto (Ti<sub>3</sub>), la cual consiste en arcillolitas abigarradas; y Los Limones (Tmhl), conformada en la parte inferior por una alternancia de arcillolitas rojas y areniscas cuarzosas, de grano medio a grueso y en el techo predominan las arcillolitas rojas. Esta unidad se localiza en los municipios Yacopí, sobre la vereda Teran; y La Belleza sobre las veredas Pescado, Campo Blanca, Ceiba y Abarco (figura 34).



**Figura 34.** Terraza de erosión (Fte) y Escarpe de terraza de erosión (Ftee), localizado en el municipio de La Belleza, veredas Campo Blanca y Ceiba.

Fuente: tomado de Google Earth (2007)

### 2.3 Geformas de origen estructural

Incluye las geoformas que se originan por procesos relacionados con la dinámica interna de la tierra, asociados principalmente al plegamiento y el fallamiento de las rocas, cuya expresión morfológica es definida por la tendencia y la variación en la resistencia de las unidades.

El área de estudio se localiza sobre el flanco occidental de la cordillera oriental, la cual es una zona compresiva, sobre la que se evidencian fallas regionales como Quebrada Negra, Cambras, Honda, Betania, Chirque y La Salina, las cuales controlan morfoestructuralmente la región oriental de la plancha, caracterizada por la presencia de formaciones geológicas principalmente Cretácicas en su mayoría deformadas. La mayor parte de unidades se disponen en sentido NE-SW, lo que a su vez controla la red de drenaje en este sector. Las unidades más representativas para este ambiente son las Sierras anticlinales (Ssan), las Laderas estructurales de sierra sinclinal (Sssle) y las Laderas de contrapendiente de sierra sinclinal (Ssslc). Las unidades que componen al ambiente estructural se presentan a continuación en la tabla 9 y figuras 35 y 36.

**Tabla 9.** Relación geoformas ambiente estructural, plancha 169 – Puerto Boyacá

Ambiente	Código	Unidad geomorfológica	Área (km <sup>2</sup> )	Área %	Total (km <sup>2</sup> )
ESTRUCTURAL	Sce	Cerro estructural	9,680	0,81%	1.191,7
	Se	Espinazo	37,194	3,12%	
	Sclc	Ladera de contrapendiente de cuesta	8,597	0,72%	
	Selc	Ladera de contrapendiente de espinazo	22,625	1,90%	
	Ssalc	Ladera de contrapendiente de sierra anticlinal	41,023	3,44%	
	Sshlc	Ladera de contrapendiente de sierra homoclinal	25,411	2,13%	
	Ssslc	Ladera de contrapendiente de sierra sinclinal	135,272	11,35%	
	Slcps	Ladera de contrapendiente suave	34,774	2,92%	
	Scle	Ladera estructural de cuesta	16,880	1,42%	
	Sele	Ladera estructural de espinazo	57,674	4,84%	
	Ssale	Ladera estructural de sierra anticlinal	52,455	4,40%	
	Sshle	Ladera estructural de sierra homoclinal	30,302	2,54%	
	Sssle	Ladera estructural de sierra sinclinal	153,207	12,86%	
	Slesv	Ladera estructural suave	16,713	1,40%	
	Sl	Lomos	39,622	3,32%	
	Sp	Plancha	42,955	3,60%	

Ambiente	Código	Unidad geomorfológica	Área (km <sup>2</sup> )	Área %	Total (km <sup>2</sup> )
	Ss	Sierra	57,363	4,81%	
	Ssan	Sierra anticlinal	243,437	20,43%	
	Ssh	Sierra homoclinal	43,983	3,69%	
	Sss	Sierra sinclinal	110,171	9,24%	
	Sslp	Sierra y lomo de presión	12,454	1,04%	

Fuente: autores

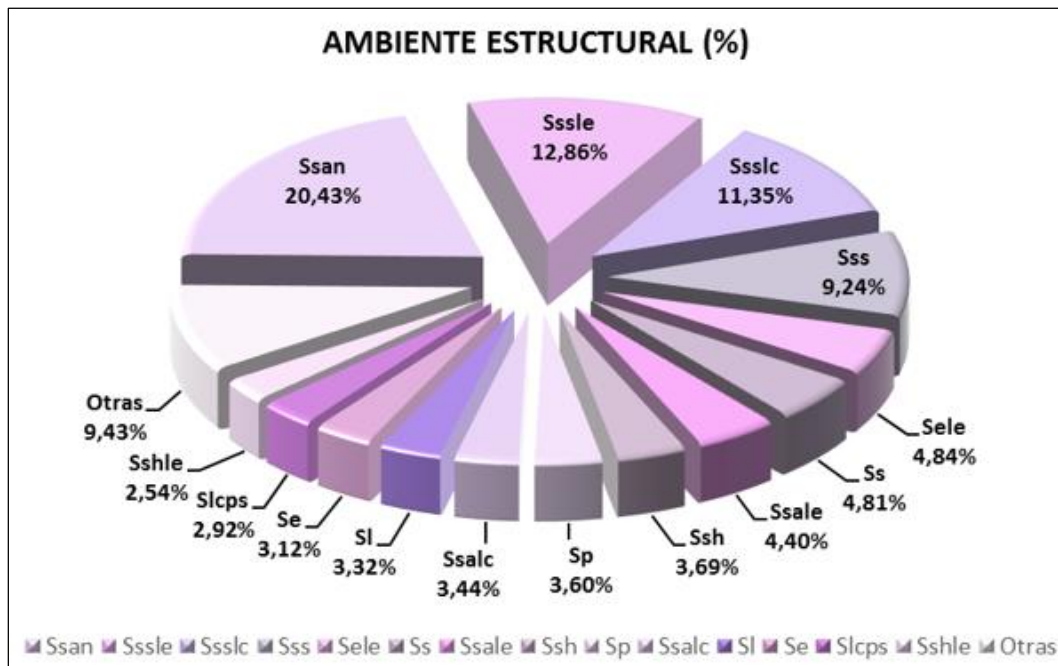


Figura 35. Representación porcentual de las unidades de ambiente estructural, plancha 169 – Puerto Boyacá

Fuente: autores

Tal y como se aprecia en la figura 36, existe un gran número de unidades geomorfológicas de ambiente estructural, que han sido cartografiadas sobre el sector oriental de la plancha, lo que habla del gran control tectono-estructural sobre dicha región y sobre el paisaje.



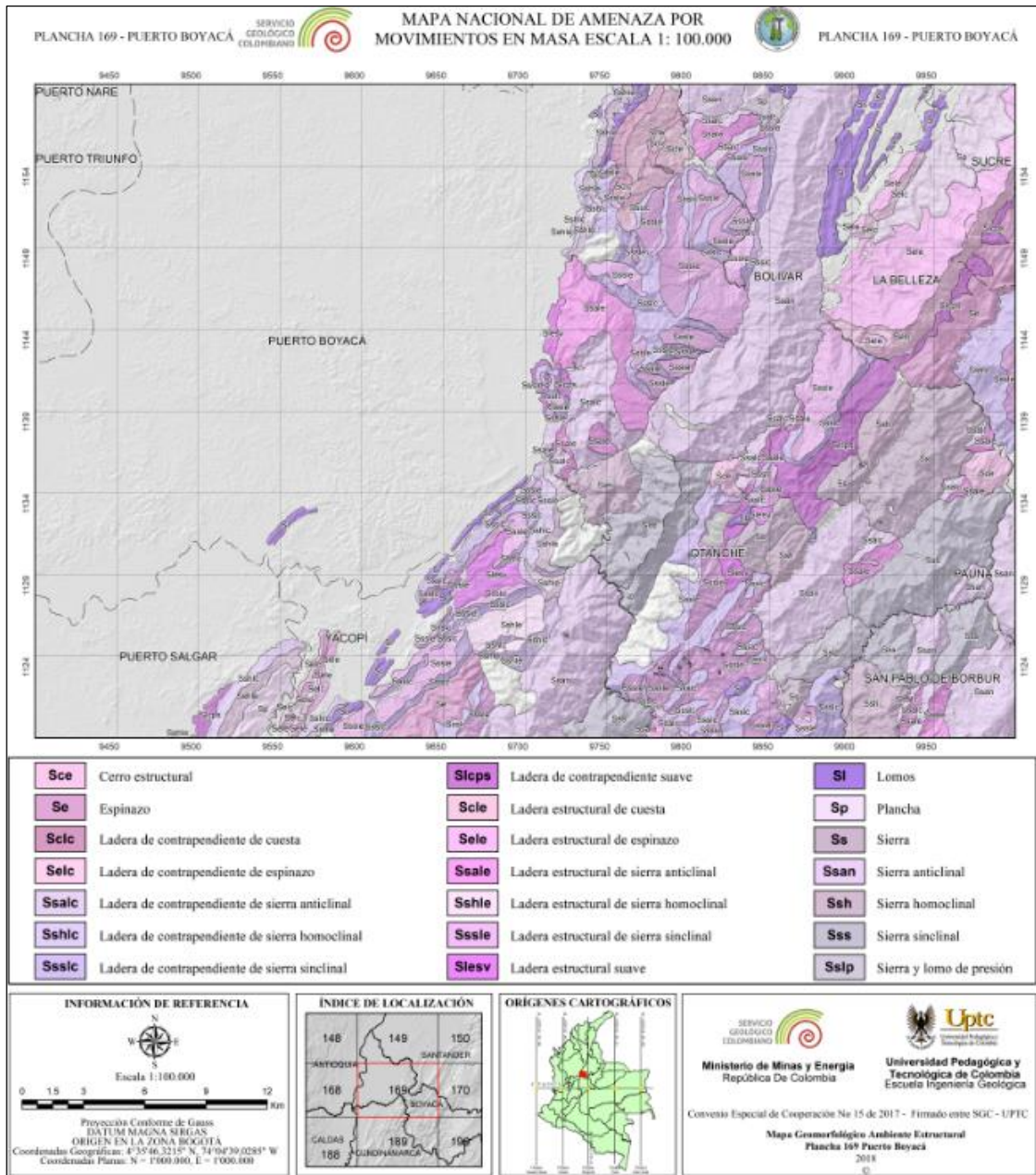


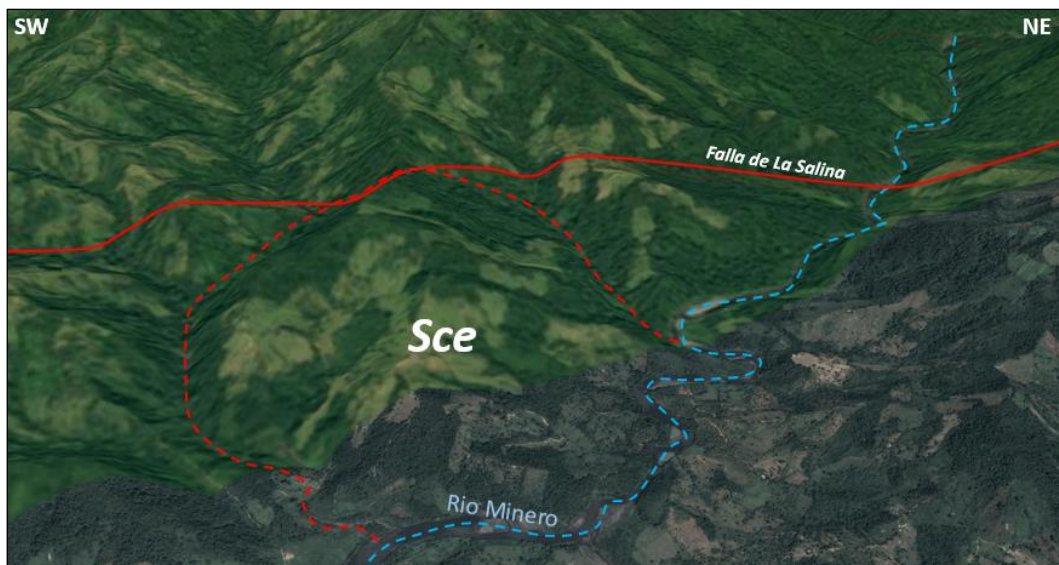
Figura 36. Mapa de unidades geomorfológicas del ambiente estructural, plancha 169 – Puerto Boyacá  
Fuente: autores

### 2.3.1 Cerro estructural (Scce)

Prominencia topográfica aislada de morfología montañosa a colinada, con laderas de longitud moderadamente larga a larga hasta 400 a 1.500 m aproximadamente, con

pendientes muy abruptas a escarpadas con rangos que oscilan entre los 16° a 40°, limitado por drenajes sub paralelos y asociado a las fallas de la quebrada Cunchala y La Salina, las cuales han aislado la unidad del relieve circundante.

Unidad desarrollada sobre rocas de la Formación Paja (Kip), constituida por una sucesión de capas de arcillolitas negras micáceas, grises oscuros a negras, con nódulos arenosos, ligeramente calcáreos de 50 a 30 cm de diámetro, con alternancias de limolitas, areniscas arcillosas de grano fino, con esporádicos estratos de caliza. Esta unidad se localiza en el municipio de Bolívar en la vereda Nuevo Mundo y en el municipio de Otanche en las veredas San José Nazareth, San Pablal, Cartagena, El Carmen y Camilo (figura 37).

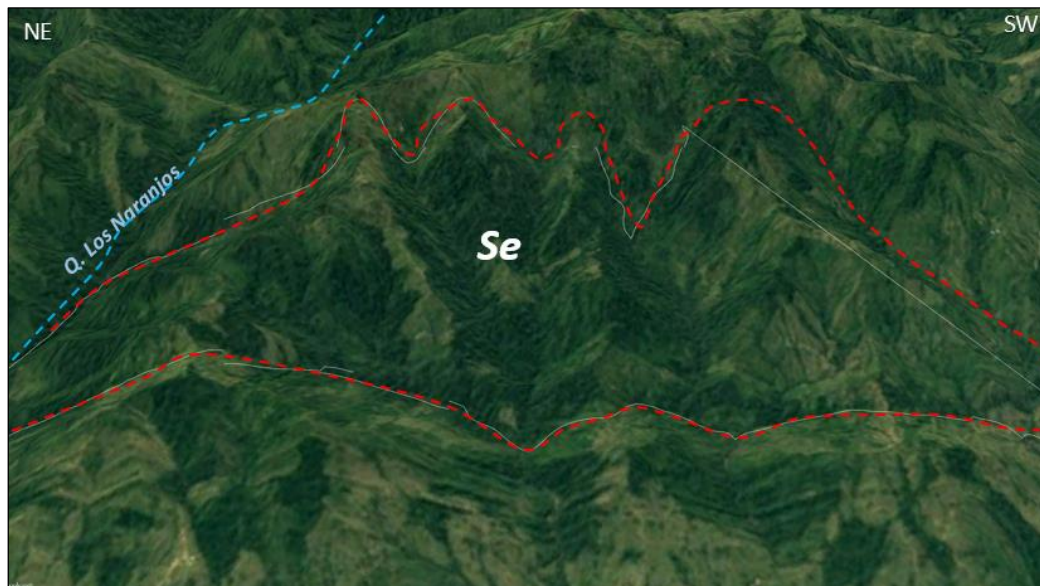


**Figura 37.** Cerro estructural (Sce), localizado en el municipio de Otanche, vereda Cartagena  
Fuente: tomado de Google Earth (2018)

### 2.3.2 Espinazo (Se)

Unidad geomorfológica que se presenta como una sierra simétrica elongada de cresta aguda a veces redondeadas, con morfología colinada o alomada, definida por la intercalación de los estratos de unidades de diferente resistencia que están dispuestos en la ladera estructural, con patrones de escalonado de lajas triangulares generados por la escorrentía, los flacos son asimétricos dando que el más alargado corresponde con laderas estructurares (de hasta 1.500 m) y el flanco de menor extensión corresponde con contrapendientes estructurales (de 500 m aproximadamente), la unidad presenta un índice de relieve relativo moderado.

Unidad geomorfológica desarrollada sobre rocas Cretáceas y Terciarias como la Formación Córdoba (Ksco), que consta de una sucesión de capas de limolitas calcáreas, grises oscuras a negras, estratificadas en capas gruesas a muy gruesas con intercalaciones de calizas arenosas, micáceas; así como en rocas del Grupo Olini (Kso), que consta de dos niveles de limolitas calcáreas, síliceas a veces chert, grises oscuros, compactos, estratificados en capas delgadas y medias de 5 a 20 cm de espesor, interestratificadas con las limolitas, se presentan estratos de caliza bioesparíticas grises oscuras, en capas hasta de 1 metro de espesor y arcillolitas negras; y en rocas del conjunto (Ti<sub>2</sub>) de la Formación San Juan de Río Seco (Tis), que consta de arcillolitas grises con tonalidades rojizas por alteración con intercalaciones de areniscas compuestas principalmente por cuarzo, feldspatos y fragmentos de cuarcitas, esquistos, chert y arcillolitas, predominan los fragmentos de rocas sedimentarias de grano medio a grueso. Esta unidad se localiza en los municipios de Yacopí en las veredas Los Muñoz, El Mosco, Los Almendros y Castillo; Sucre en las veredas Alto Minero, y Villanueva; La Belleza en las veredas El Tesoro, Los Valles y La Tipa y en el municipio de Otanche en la vereda San Pablal (figura 38).



**Figura 38.** Espinazo (Se), localizado en el municipio de La Belleza, vereda La Tipa

Fuente: tomado de Google Earth (2015)

### **2.3.3 Ladera de contrapendiente de cuesta (Sc1c)**

Superficies subverticales cortas, de forma recta, de pendiente escarpada de hasta 40°, cuya característica principal corresponde con estratos dispuestos en contra de la pendiente del terreno y con buzamientos bajos (figura 39).

Unidad geomorfológica desarrollada sobre rocas Terciarias del conjunto ( $Ti_2$ ) de la Formación San Juan de Río Seco (Tis), que consta de arcillolitas grises con tonalidades rojizas por alteración con intercalaciones de areniscas compuestas principalmente por cuarzo, feldspatos y fragmentos de cuarcitas, esquistos, chert y arcillolitas, predominan los fragmentos de rocas sedimentarias de grano medio a grueso. Esta unidad se localiza en el municipio de Bolívar en la vereda Carbonera y en el municipio de Puerto Boyacá en la vereda Las Quinchas.



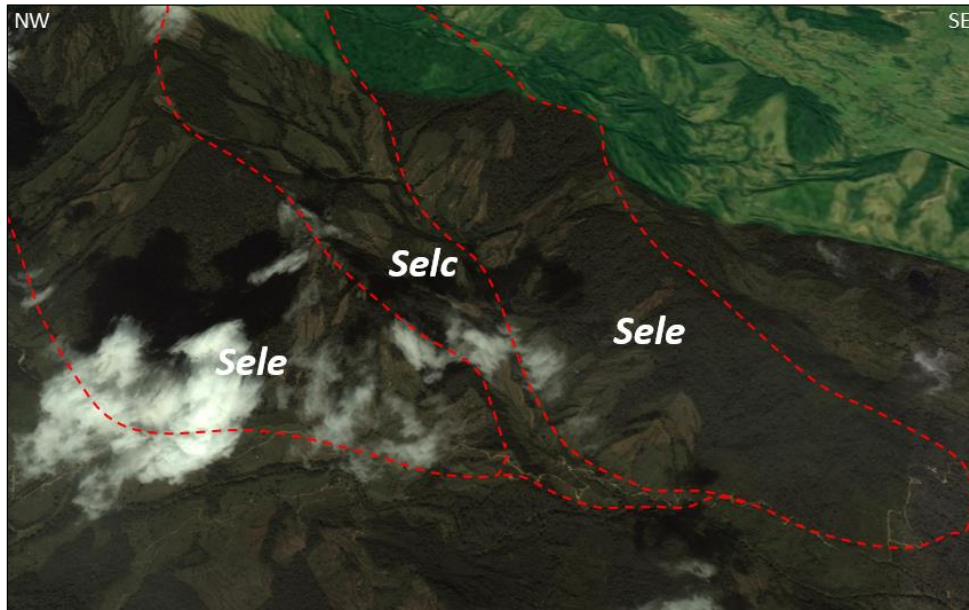
**Figura 39.** Ladera de contrapendiente de cuesta (Sclc) y Ladera estructural de cuesta (Scle), localizadas en el límite entre los municipios de Puerto Boyacá y Bolívar, en el sector El Mirador  
Fuente: tomado de Google Earth (2007)

#### 2.3.4 Ladera de contrapendiente de espinazo (Selc)

Unidad geomorfológica que se presenta como superficies subverticales moderadamente largas de 400 a 800 m aproximadamente, de forma cóncava con pendientes abruptas a escarpadas con rangos que van de los 20° a los 45°. Se origina por meteorización y erosión en estratos que están dispuestos en contra de la pendiente del terreno y están asociados a un espinazo.

Se desarrolla sobre rocas Terciarias de la Formación Los Limones (Tmhl), conformada en la parte inferior por una alternancia de arcillolitas rojas y areniscas cuarzosas, de grano medio a grueso, friables, estratificadas, en el techo consta principalmente de arcillolitas rojas; la Formación Córdoba (Ksco), que consta de una sucesión de capas de limolitas calcáreas, grises oscuras a negras, estratificadas en capas gruesas a muy gruesas con intercalaciones de calizas arenosas, micáceas y el conjunto ( $Ti_2$ ) de la Formación San Juan de Río Seco (Tis), que consta de arcillolitas grises con tonalidades rojizas por alteración con intercalaciones de areniscas compuestas principalmente por cuarzo, feldspatos y

fragmentos de cuarcitas, esquistos, chert y arcillolitas. Esta unidad se localiza en las veredas Nacumalesy Terán del municipio de Yacopí, y en la cuchilla del Minero en el sector occidental del municipio de La Belleza (figura 40).



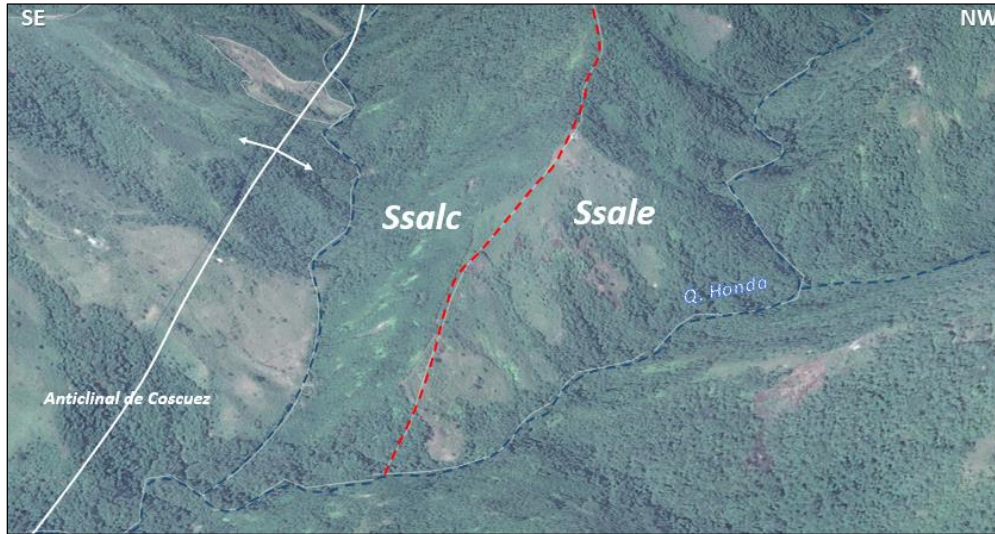
**Figura 40.** Ladera de contrapendiente de espinazo (Selc) y Ladera estructural de espinazo (Sele), localizada en el municipio de La Belleza  
Fuente: tomado de Google Earth (2007)

### 2.3.5 Ladera de contrapendiente de sierra anticlinal (Ssalc)

Superficie inclinada, definida por la disposición de los estratos inclinados en contra de la pendiente del terreno, de longitud variable entre corta a muy larga de hasta 1.000 m, de formas irregulares escalonadas, con pendientes abruptas a escarpadas, con rangos que oscilan entre los 20° y 40°, el patrón de drenaje característico es de subdendrítico a subparalelo. Son producto de procesos de erosión sobre una ladera estructural de anticlinal, en este caso los anticlinales La Cuchilla El Cebú, Ermitaño y de Coscuez, que por medio de la erosión y el tectonismo cortan y modelan la estructura original.

Unidad geomorfológica desarrollada sobre rocas Cretáceas y Terciarias correspondiente a los grupos Guaguaquí (Kig) y Olini (Kso), además de la Formación Córdoba (Ksco) y el conjunto (Ti<sub>2</sub>) de la Formación San Juan de Río Seco (Tis). Esta unidad se localiza en los municipios de San Pablo de Borbur, en las veredas Calcetero Bajo y La Palmadona; Puerto Boyacá, en las veredas Las Quinchas y Las Pavas; Otanche, en las veredas El Carmen, Camilo, La Laguna, Samal, Palenque, San José Nazareth y San Pablal y en el municipio de Bolívar, en las veredas Carbonera y Nuevo Mundo (figura 41). Sobre esta unidad se han

cartografiado movimientos en masa de tipo deslizamiento traslacional y caída de detritos y tierra.



**Figura 41.** Ladera de contrapendiente de sierra anticlinal (Ssalc) y Ladera estructural de sierra anticlinal (Ssale), localizado en el municipio de San Pablo de Borbur, vereda Calcetero Bajo  
Fuente: tomado de Google Earth (2013)

### 2.3.6 Ladera contrapendiente de sierra homoclinal (Sshlc)

Superficie subvertical con índices de inclinación escarpados ( $39^\circ$  en promedio) y de longitudes moderadas a muy largas (de 500 a 1.200 metros aproximadamente), las cuales tienen forma irregular. La característica principal de la geoforma es que la estratificación de las rocas se dispone en sentido contrario de la inclinación de terreno y en un mismo sentido, el patrón de drenaje característico es subparalelo. Se constituye de una interestratificación de rocas duras e intermedias.

Unidad desarrollada sobre rocas Cretácicas del Grupo Guaguaquí (Kig), compuesto por una sucesión de capas de arcillolita negra, micáceas con numerosas concreciones calcáreas y limolitas calcáreas silíceas; y Terciarias correspondientes a la Formación San Juan de Río Seco (Tis), constituida por una sucesión de capas de areniscas y arcillolitas la Formación San Antonio (Tmhs), la cual consta de conglomerados; la Formación Los Limones (Tmhl), conformada por una alternancia de arcillolitas rojas y areniscas cuarzosas. Esta unidad se desarrolla en los municipios de Yacopí, en las veredas Castillo, Nacederos, Clavijo, Caceres, El Morro, Aguablanca y Terán; Puerto Salgar en las veredas El Taladro, El Galápago y Cano Pescado en el municipio de Puerto Boyacá en las veredas Las Quinchas, y Velásquez (figura 42). Sobre esta unidad se han cartografiado movimientos en masa de tipo deslizamiento traslacional y flujos.



**Figura 42.** Ladera contrapendiente de sierra homoclinal (Sshlc), localizada en el municipio de Yacopí, vereda Castillo

Fuente: tomado de Google Earth (2014)

### 2.3.7 Ladera de contrapendiente de sierra sinclinal (Ssslc)

Superficie inclinada, generalmente de longitud moderada a larga, de forma recta a irregular, con índice de inclinación escarpado, la principal característica de esta geoforma es que los estratos están dispuestos en sentido contrario a la inclinación del terreno, estas geoformas se desarrollan sobre uno de los flancos de una estructura sinclinal, en este caso a los sinclinales Llano Mateo y Córdoba.

Unidad desarrollada sobre rocas de los Grupos Guaguaquí (Kig), compuesto por una sucesión de capas de arcillolita negra y Olini (Kso), que consta de dos niveles de limolitas calcáreas, silíceas a veces chert, grises oscuros, compactos, interestratificadas con las limolitas, además sobre rocas de la Formación Cambras (Tmhc), que en su parte inferior consta de capas de areniscas cuarzosas de grano medio a grueso y hacia el techo predominan las arcillolitas violáceas con intercalaciones de arenitas de cuarzo. La geoforma se encuentra en los municipios de Bolívar, en las veredas Peña Ariza, Carbonera y Los Chorros; La Belleza, en las veredas Los Valles, El Tesoro, Montebello y Buenavista; Otanche, en las veredas Curubita, Camilo, San Vicente, La Laja, Cambuco, La Laguna, Buenos Aires, Bolívar, Pénjamo, El Encanto y El Carmen; Puerto Boyacá, en las veredas Las Quinchas y Las Pavas; Yacopí, en las veredas El Mosco, Los Almendros, El Castillo, Clavijo, Patevaca, Cáceres y La Muñoz (figura 43). Sobre esta unidad se han cartografiado movimientos en masa de tipo deslizamiento traslacional y caída de detritos y tierra.



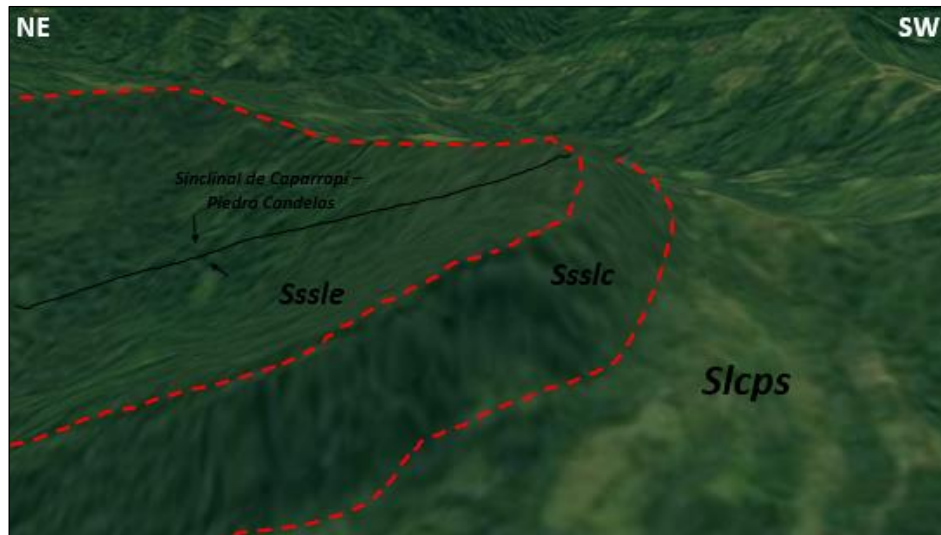
**Figura 43.** Ladera de contrapendiente de sierra sinclinal (Ssslc) y Ladera estructural de sierra sinclinal (Sssle), localizadas en el municipio de Otanche, en las veredas Pénjamo, Bolívar y Buenos Aires  
Fuente: tomado de Google Earth (2014)

### 2.3.8 Ladera de contrapendiente suave (Slcps)

Se presenta como una superficie en declive, de morfología regular a irregular, definida por estratos dispuestos en sentido contrario a la inclinación del terreno, alcanzado una longitud de hasta 2.500 m, con pendiente inclinada a muy inclinada, con rangos entre los 6° y 15°. Corresponde con una superficie continua a una ladera de contrapendiente asociada a una estructura de plegamiento pero que se dispone con una menor pendiente debido a cambios litológicos o a procesos erosivos diferenciales (figura 44).

Esta unidad se desarrolla sobre rocas del Grupo Olini (Kso), el cual consta de limolitas calcáreas, silíceas a veces chert, grises oscuros, compactos, interestratificadas con las limolitas se presentan estratos de caliza bioesparíticas, grises oscuras y arcillolitas negras. Esta unidad se localiza en los municipios de Sucre en la vereda Alto Minero; Puerto Salgar en la vereda El Taladro; Puerto Boyacá en las veredas Las Pavas y Las Quinchas; Otanche en las veredas Curubita, Camilo y Cocos; La Belleza en la vereda La Tipa y en el municipio de Bolívar en la vereda Nuevo Mundo. Sobre esta unidad se han cartografiado movimientos en masa de tipo deslizamiento traslacional y caída de detritos.





**Figura 44.** Ladera de contrapendiente suave (Slcps), localizada en el municipio de Otanche, en las veredas Camilo y Curibita  
Fuente: tomado de Google Earth (2015)

### 2.3.9 Ladera estructural de cuesta (Scle)

Superficie inclinada con estratos dispuestos a favor de la pendiente y con un bajo ángulo de buzamiento, en este caso entre 11°- 15°, de longitud moderadamente larga a extremadamente larga (500 m - más de 3.500 m), de forma cóncava a recta, con pendientes muy inclinadas, relacionada a una estructura de cuesta, presenta una diferencia de alturas entre la parte más alta a la más baja de 500 m (figura 39).

Esta unidad se desarrolla sobre rocas del conjunto (Ti<sub>2</sub>) de la Formación San Juan de Río Seco (Tis), que consta de arcillolitas grises con tonalidades rojizas con intercalaciones de areniscas compuestas principalmente por cuarzo, feldespatos y fragmentos de cuarcitas, esquistos, chert y arcillolitas, predominan los fragmentos de rocas sedimentarias de grano medio a grueso. Esta unidad se localiza en el municipio de Bolívar en la vereda Carbonera y en el municipio de Puerto Boyacá en la vereda Las Quinchas.

### 2.3.10 Ladera estructural de espinazo (Sele)

Se define como una superficie con estratos inclinados a favor de la pendiente (> 20°), de longitud moderadamente larga a extremadamente larga, de forma recta y pendiente abrupta a escarpada, relacionada a una estructura de espinazo.

Unidad desarrollada en rocas del conjunto (Ti<sub>2</sub>) de la Formación San Juan de Río Seco (Tis), que consta de arcillolitas grises con tonalidades rojizas y en rocas del conjunto (Ti<sub>3</sub>)

que consiste en arcillolitas abigarradas en capas gruesas de 1 a 2 metros de espesor. Esta unidad se localiza en los municipios La Belleza en las veredas Pescado, Ceiba, Abarco y La Tipa; Sucre en las veredas La Pedregosa, El Pescado y Alto Minero y en el municipio de Yacopí en las veredas Aguablanca, Teran y Río Negro (figura 40).

### **2.3.11 Ladera estructural de sierra anticlinal (Ssale)**

Esta geoforma se caracteriza como una superficie con estratos inclinados a favor de la pendiente del terreno, de longitud moderadamente larga a extremadamente larga, con valores entre los 500 y 3.600 m, de forma recta y pendiente inclinada a muy abrupta (6° a 30°), con patrón de drenaje subdendrítrico, relacionada al flanco de una estructura anticlinal, en este caso a los anticlinales La Cuchilla del Cebú, Nazaret y Coscuez.

Unidad que se desarrolla sobre rocas del Grupo Guaguaquí (Kig), compuesto por una sucesión de capas de arcillolita negra, micáceas con numerosas concreciones calcáreas; también en rocas del Grupo Olini (Kso), el cual consta de dos niveles de limolitas calcáreas, silíceas a veces chert, grises oscuros, compactos; y en el conjunto (Ti<sub>2</sub>) de la Formación San Juan de Río Seco (Tis), que consta de arcillolitas grises con tonalidades rojizas. Esta unidad se localiza en los municipios de San Pablo de Borbur en las veredas Calcetero Bajo y El Consumo; Puerto Boyacá en las veredas Las Pavas, Las Quinchas y Velásquez; Otanche en las veredas Camilo, Mirador, Palenque, Cartagena, San Pablal y Samal y en el municipio de Bolívar en la vereda San Cayetano (figura 41).

### **2.3.12 Ladera estructural de sierra homoclinal (Sshle)**

Superficie inclinada, generalmente denudada, definida por la inclinación de los estratos en favor de la pendiente del terreno, de longitud muy larga de hasta 2.600 m, de formas convexa a recta y con pendientes muy inclinadas a escarpadas, con rangos que oscilan entre los 15° y 37°, el patrón de drenaje característico es de subdendrítrico a subparalelo. Está constituida por rocas intermedias a duras, se asocian localmente con procesos denudacionales, cuyo origen está relacionado con actividad tectónica, procesos de fallamiento intenso, y meteorización intensa sobre estructuras asociadas al plegamiento.

Unidad desarrollada sobre rocas de la Formación San Juan de Río Seco (Tis), constituida por una sucesión de capas de areniscas con intercalaciones de arcillolitas violáceas; San Antonio (Tmhs), la cual consta de conglomerados polimícticos compuestos por cuarzo, feldespatos y fragmentos de rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias; la Formación Los Limones (Tmhl), conformada en la parte inferior por una alternancia de arcillolitas rojas y areniscas cuarzosas, de grano medio a grueso y en el topo por arcillolitas rojas, y Formación Córdoba (Ksco), que consta de una sucesión de capas de limolitas calcáreas,

grises oscuras a negras. Esta unidad se localiza en los municipios de Yacopí en las veredas Castillo, Nacaderos, Clavijo, El Morro y Aguablanca; Puerto Salgar en las veredas El Taladro, Galápagos y Cano Pescado y en el municipio de Puerto Boyacá en las veredas Las Quinchas y Velázquez (figuras 42 y 47). Sobre esta unidad se han cartografiado movimientos en masa de tipo deslizamiento traslacional y flujos.

### **2.3.13 Ladera estructural de sierra sinclinal (Sssle)**

Superficie inclinada definida por estratos dispuestos en el mismo sentido al de la pendiente del terreno, de longitud corta a moderadamente larga, forma cóncava y pendientes muy inclinadas abruptas, relacionada al flanco de una estructura sinclinal, en este caso a los sinclinales Santa Bárbara, San Pedro, La Salitrona, Coscuez, Córdoba y Caparrapi.

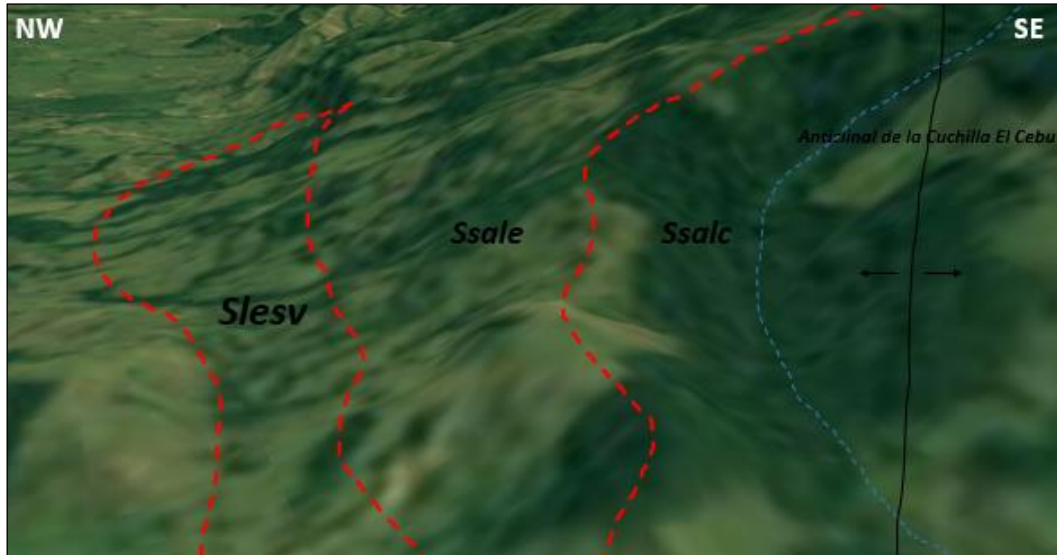
Esta unidad se desarrolla sobre rocas del Cretáceo y Terciario, como la Formación Paja (Kip), Grupo Guaguaquí (Kig), rocas ígneas de la intrusión de Cáceres (I), Grupo Olini (Kso), Formación Córdoba (Ksco), Formación San Juan de Río Seco (Tis), específicamente el conjunto (Ti<sub>1</sub>) y (Ti<sub>2</sub>), Formación La Cira (Toc), Formación Cambras. Esta unidad se localiza en los municipios de Bolívar en la vereda Carbonera; La Belleza en las veredas Montebello, Buenavista y Los Valles; Otanche en las veredas Camilo, El Carmen, Pénjamo, El Encanto, La Cunchalita, Los Blancos, La Laja, La Laguna y Buenos Aires; Puerto Boyacá en la vereda Las Quinchas y en el municipio de Yacopí en las veredas Cáceres, El Mosco, Castillo, Clavijo, Los Almendros, La Filandia, Patevaca, Aguablanca y La Muñoz. Sobre esta unidad se han cartografiado movimientos en masa de tipo deslizamiento traslacional, reptación y flujo (figura 43).

### **2.3.14 Ladera estructural suave (Slesv)**

Corresponde con una superficie en declive, de morfología regular, definida por estratos a favor de la pendiente del terreno, con una longitud de ladera de moderadamente larga a muy larga (hasta 2.400 m), con pendientes inclinadas (11°). Esta unidad actúa como una continuación de una ladera estructural asociada a una estructura de plegamiento pero que se dispone con una menor pendiente debido a variaciones litológicas o a procesos erosivos diferenciales (figuras 45 y 48).

Unidad geomorfológica desarrollada sobre rocas del Grupo Guaguaquí (Kig), Grupo Olini (Kso), Formación Córdoba (Ksco), Formación San Juan de Río Seco (Tis), específicamente sobre el conjunto (Ti<sub>1</sub>) y (Ti<sub>2</sub>), Formación Cambras (Tmhc), Formación Mesa (Tsm). Esta geoforma se localiza en los municipios de Otanche en las veredas Camilo, El Carmen y

Pénjamo; Puerto Boyacá en las veredas Velásquez y Las Quinchas y en el municipio de Yacopí en las veredas Clavijo y Cáceres.



**Figura 45.** Ladera estructural suave (Slesv), localizada en el municipio de Puerto Boyacá, en la vereda Las Quinchas

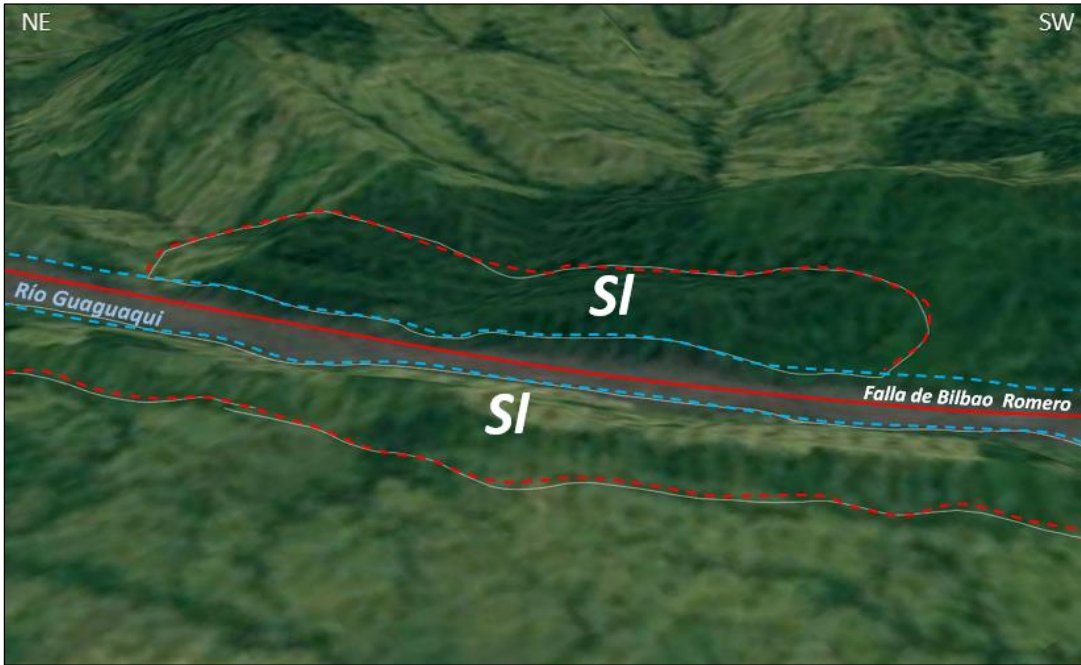
Fuente: tomado de Google Earth (2005)

### 2.3.15 Lomos (SI)

Se definen como prominencias topográficas de morfología alomada, cuyo origen está relacionado con la acción conjunta de procesos tectónicos moderados a intensos producidos por la acción de las fallas Bilbao -Romero, Honda, Chirche y otras fallas del orden local, con procesos de erosión y meteorización. Se caracteriza por ser una prominencia con índice de relieve bajo entre 50 m y 250 m, con cimas alargadas, de topes redondeados que siguen la tendencia estructural regional, laderas cortas con valores entre 50 y 250 m, de forma cóncava a rectas y pendientes que oscilan entre los 11° a los 30°.

Unidad geomorfológica desarrollada sobre rocas del Grupo Guaguaquí (Kig), Formación Córdoba (Ksco), Formación San Juan de Río Seco (Tis), específicamente sobre los conjuntos (Ti<sub>2</sub>) y (Ti<sub>3</sub>), Formación La Cira (Toc), Formación Cambras (Tmhc), Formación Los Limones (Tmhl), Formación Mesa (Tsm). Esta unidad se localiza en los municipios de Bolívar en las veredas Locación, Arena Alta y Peña Ariza; La Belleza en la vereda Pescado; Otanche en las veredas El encanto, La Laguna, Bolívar, San Vicente, El Carmen y Curubita; Puerto Boyacá en las veredas Las Quinchas, Guanegro, Puerto Gutiérrez y Las Pavas;

Sucre en la vereda El Pescado y en el municipio de Yacopí en las veredas La Filandia, Cáceres, Guarero, Patevaca y Terán (figura 46).



**Figura 46.** Lomos (SI), localizado entre los municipios de Puerto Boyacá y Yacopí, veredas Guarero y Pavas

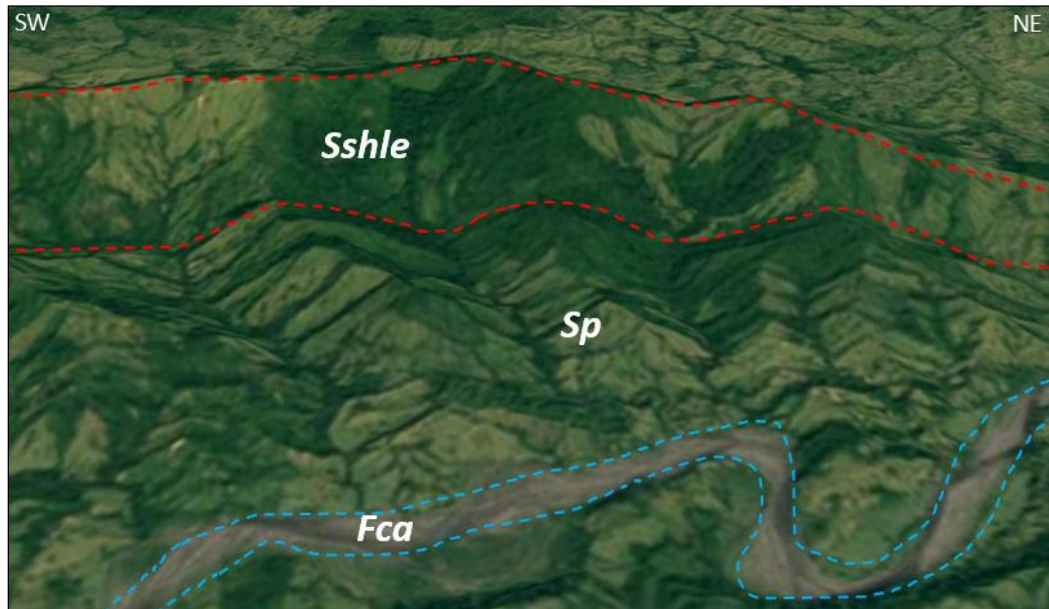
Fuente: tomado de Google Earth (2014)

### 2.3.16 Plancha (Sp)

Se define como una ladera en donde los estratos se encuentran dispuestos a favor de la pendiente, con longitudes que van desde cortas a moderadamente largas, se presentan como laderas en forma dentada hacia arriba, con pendientes abruptas a escarpadas. Su origen se encuentra relacionado a procesos de plegamiento o erosión diferencial que puede ocurrir en una secuencia de estratos delgados y duros intercalados con estratos blandos.

Unidad que se desarrolla sobre la Formación San Juan de Río Seco (Tis), constituida por una sucesión de capas de areniscas y arcillolitas, específicamente sobre el conjunto (Ti<sub>2</sub>), compuesto de arcillolitas grises con tonalidades rojizas, con intercalaciones de areniscas; Formación San Antonio (Tmhs), que consta de conglomerados polimícticos compuestos por cuarzo, feldespatos y fragmentos de rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias. Esta unidad se localiza en los municipios de Bolívar en las veredas Locación y Carbonera; La Belleza en las veredas Pescado, Ceiba y Abarco; Puerto Salgar en la vereda Cano

Pescado y en el municipio de Sucre en las veredas La Pedregosa, El Pescado y Alto Minero (figura 47).

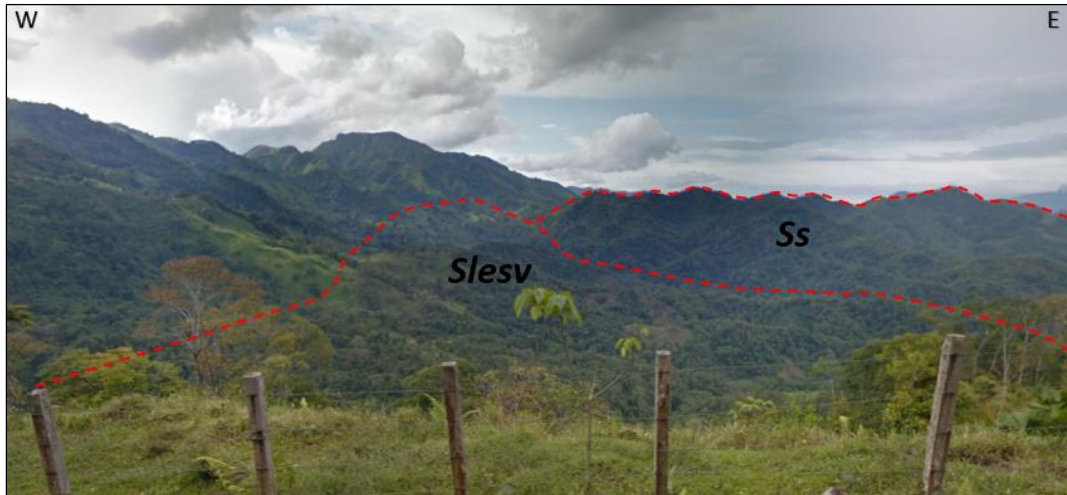


**Figura 47.** Plancha (Sp) y Ladera estructural de sierra homoclinal (Sshle), localizadas en el municipio de Puerto Salgar, vereda Cano Pescado  
Fuente: tomado de Google Earth (2013)

### 2.3.17 Sierra (Ss)

Se definen como prominencias topográficas que presentan morfología montañosa, compuesta por laderas largas a extremadamente largas (hasta 2.600 m), en forma convexa a recta, con pendientes muy inclinadas a escarpadas. El origen de esta geoforma se encuentra relacionado con procesos de fallamiento intenso relacionado a las fallas La Salina, Betania, Chirque y Quebrada Cunchala. Este tipo de geoforma no permite establecer asociación con alguna estructura (anticlinal, sinclinal etc).

Se desarrolla sobre rocas de la Formación Paja (Kip), Grupo Guaguaquí (Kig), Grupo Olini (Kso), Formación Córdoba (Ksco), Formación San Juan de Río Seco (Tis), específicamente el conjunto (Ti<sub>2</sub>). Esta unidad se localiza en el municipio de Otanche en las veredas Altazor, Camilo, Chaquipay, Cocos, Curubita, Pénjamo, El Carmen, La Laja, Los Blancos Y San Pablal (figura 48). Sobre esta unidad se han cartografiado movimientos en masa de tipo caída de detritos y tierras.



**Figura 48.** Sierra (Ss), localizadas en el municipio de Otanche, veredas El Carmen y Pénjamo  
Fuente: tomado de Google Earth (2014)

### 2.3.18 Sierra anticlinal (Ssan)

Se define como una prominencia topográfica de forma elongada, de morfología colinada y alomada, con cimas agudas a redondeadas, que se encuentra limitada por laderas estructurales de pendiente abrupta, en forma recta a convexa y una longitud extremadamente larga (superior a 2.500 m). Sobre el eje de la geoforma se ha identificado el eje de una estructura anticlinal por lo cual los estratos se disponen de manera divergente a partir de eje de la estructura. Se encuentran asociados a estructuras anticlinales Nazaret y Coscuez.

Unidad desarrollada sobre la Formación Rosablanca (Kir), la Formación Paja (Kip), Grupo Guaguaquí (Kig), Grupo Olini (Kso), Formación Córdoba (Ksco), Formación San Juan de Río Seco (Tis), específicamente sobre el conjunto (Ti<sub>1</sub>), (Ti<sub>2</sub>) y (Ti<sub>3</sub>). Esta unidad se localiza en los municipios de Bolívar en las veredas Carbonera, Peña Ariza, Arena Alta, Nuevo Mundo y Los Chorros; Otanche en las veredas Manca, El Roble, Palenque y San José; Pauna en la vereda Travesías y Otro Mundo; Puerto Boyacá en la vereda Las Quinchas; San Pablo de Borbur en las veredas Bejucal, Paramo Lagunas, Téllez, El Consumo, Llano Grande y La Palmadona y en el municipio de Yacopí en las veredas Tortolas, El Mosco, Bejucales, Caipal, Castillo y Ventanas (figura 49).



**Figura 49.** Sierra anticlinal (Ssan), localizado en el municipio de Yacopí, en las veredas Bejucales, Caipal y Ventanas

Fuente: tomado de Google Earth (2014)

### 2.3.19 Sierra homoclinal (Ssh)

Se define como prominencias topográficas ligeramente simétricas en forma elongada, de morfología montañosa y de cimas agudas. Está definida por una secuencia de estratos o capas apilados e inclinados ( $> 35^\circ$ ), en una misma dirección, con laderas de longitud larga a extremadamente larga con valores que superan los 2.500 m, con pendientes muy abruptas a escarpadas ( $20^\circ$  y  $40^\circ$ ), el patrón de drenaje característico es subdendrítico a subparalelo. El origen de esta unidad se relaciona con procesos tectónicos, también se presentan procesos erosivos en alto grado, lo que contribuye al desarrollo de procesos de inestabilidad.

Unidad desarrollada sobre rocas de la Formación Paja (Kip), Grupo Guaguaquí (Kig), Grupo Olini (Kso), Formación Córdoba (Ksco), Formación San Juan de Río Seco (Tis), específicamente sobre el miembro ( $Ti_2$ ). Esta unidad se localiza en los municipios de Otanche en las veredas El Roble, Cocos y Curubita; Puerto Boyacá en la vereda Las Quinchas y en el municipio de San Pablo de Borbur en las veredas Calcetero Bajo, La Sierra, Calcetero Alto, Florián y San Miguel (figura 50).





**Figura 50.** Sierra homoclinal (Ssh), localizada en el municipio de Puerto Boyacá, vereda Las Quinchas  
Fuente: tomado de Google Earth (2014)

### 2.3.20 Sierra sinclinal (Sss)

Se define como una prominencia topográfica de morfología colinada y amplia, en forma de artesa elevada, relacionada con el eje de una estructura sinclinal (Llano Mateo, Santa Bárbara y Coscuez), esta unidad se encuentra limitada por laderas de contrapendiente generalmente abruptas. Su origen se relaciona con la acción de fuerzas compresivas que han plegado las rocas, generando así depresiones o zonas cóncavas a las que se denominan sinclinal o sierra sinclinal donde los estratos se disponen en sentido convergente hacia el eje de la estructura (figura 51).

Unidad desarrollada sobre rocas de la Formación Paja (Kip), constituida por una sucesión de capas de arcillolitas negras micáceas; Grupo Guaguaquí (Kig), compuesto por una sucesión de capas de arcillolita negra; Grupo Olini (Kso), que consta de dos niveles de limolitas calcáreas, silíceas a veces chert; Formación Córdoba (Ksco), consta de una sucesión de capas de limolitas calcáreas, grises oscuras a negras. Esta unidad se localiza en los municipios de Otanche en las veredas Mirador, San José Nazaret, Palenque, Chaquipay, Cartagena, El Carmen y El Oasis; Puerto Boyacá en la vereda Las Quinchas; San Pablo de Borbur en las veredas La Palmadona y San Miguel y en el municipio de Yacopí en la vereda Vara de Caucho. Sobre esta unidad se han cartografiado movimientos en masa de tipo deslizamiento traslacional y flujo de detritos.



**Figura 51.** Sierra sinclinal (Sss), localizada en el límite entre los municipios de Otanche y Puerto Boyacá, en las veredas Oasis y Las Quinchas respectivamente  
Fuente: tomado de Google Earth (2005)

### 2.3.21 Sierra y lomo de presión (Sslp)

Se define como prominencias topográficas, de morfología alomada y elongada, de relieve relativo moderado, asociadas a zonas compresivas. El origen de esta geoforma se relaciona con el truncamiento y desplazamiento vertical o lateral generados por procesos de fallamiento intenso, asociados a la dinámica de las fallas La Salina y falla locales (figura 52).

Unidad geomorfológica desarrollada sobre rocas pertenecientes al Grupo Guaguaquí (Kig), compuesto por una sucesión de capas de arcillolita negra, micáceas con numerosas concreciones calcáreas y limolitas calcáreas silíceas. Esta unidad se localiza en el municipio de Otanche en las veredas Los Blancos, Manca y Cortaderal y en el municipio de San Pablo de Borbur, en la vereda San Miguel.



**Figura 52.** Sierra y lomo de presión (Sslp), localizado en el límite entre los municipios de Otanche y San Pablo de Borbur

Fuente: tomado de Google Earth (2015)

### 3 EVOLUCIÓN GEOMORFOLÓGICA

El paisaje como hoy lo conocemos es el resultado de varios procesos geológicos a nivel regional, entre estos, regresiones y transgresiones marinas, levantamientos y hundimientos de la corteza, fallamientos y plegamientos, entre otros, estos procesos junto con los agentes geomorfológicos han configurado el paisaje observable, a través del tiempo geológico.

El área de la plancha 169 Puerto Boyacá, se ubica en la geomorfoestructura del sistema Orogénico Andino, y hace parte de las provincias geomorfológicas de la cordillera Oriental y del Valle Interandino del Magdalena. A su vez pueden subdividirse en regiones geomorfológicas como el flanco occidental de la cordillera Oriental, el piedemonte occidental y el Valle Medio del Magdalena, cada región con características topográficas, geológicas y geomorfológicas únicas (figura 53).

Morfológicamente el área puede subdividirse en dos sectores, el primero al oriente, corresponde con parte de la cordillera Oriental, allí se observa un relieve quebrado, con geoformas con un relieve relativo moderado a alto, con un fuerte control estructural, donde afloran rocas Cretácicas y Paleógenas afectadas por esfuerzos compresivos. La segunda zona corresponde con el Valle Medio del Magdalena, que morfológicamente se identifica por su relieve y posición baja, allí se encuentran geoformas con bajo relieve relativo, donde afloran rocas del Paleógeno y depósitos aluviales asociados a la dinámica de grandes ríos.

La evolución geológico – geomorfológica del sector oriental de la plancha, tiene sus inicios en el Cretáceo inferior, donde la mayor parte del área hacia parte de extensas depresiones, que según Fabre (1984,1987), correspondían con un amplio sistema extensional dividido en dos subcuencas, orientadas en una misma dirección y separadas por el macizo Santander-Floresta (Sarmiento, 1989), el Cocuy al oriente y Tablazo Magdalena al occidente. Sobre esta última se ubica el área de estudio, en ella se depositaron grandes cantidades de sedimentos provenientes de la erosión de los relieves pre Cretácicos, y que posteriormente serían deformados a causa de la Orogenia Andina. Durante la misma época y asociados a esta fase de esfuerzos distensivos, ascendieron columnas de magma favorecidas por fracturas en las rocas, este magma se emplazó a poca profundidad, generando cuerpos plutónicos hipoabisales que fueron exhumados por procesos orogénicos combinados con procesos denudativos, como es caso del intrusivo de Cáceres, ubicado en el municipio de Yacopí, este cuerpo así como otros de menor tamaño, no cartografiables a esta escala, al parecer no poseen expresión morfológica en superficie, pues el lugar donde afloran corresponde con laderas continuas de alta pendiente, sin cambio alguno en la expresión topográfica.

Sobre el área de la cuenca también se depositaron rocas de composición variada, que evidencian el cambio en las condiciones de sedimentación, y por tanto reflejan las diferentes fases de una amplia evolución geológica y geomorfológica en el área de estudio, caracterizada por ambientes de depositación de plataforma externa, media e interna, que se relacionan directamente con las formaciones Rosablanca, Paja, Puerto Romero, Guaguaquí, Olini y Córdoba.

En el paleógeno pulsos orogénicos menores empezaron a deformar estas rocas, iniciándose la construcción del relieve actual, de igual forma con estos levantamientos, los mares interiores que cubrían el área empezaron su retroceso, cambiando el ambiente de depósito de las rocas a ambientes continentales, por lo cual, a partir del Paleógeno, se evidencia formaciones geológicas asociadas a ambiente de plataforma interna, costeros, meandriformes y lacustres. Este hecho también se relaciona con el levantamiento generado por estos pulsos orogénicos menores, que a su vez favorecieron una mayor potencia en la acción de los procesos erosivos, con lo que se permitió la depositación de rocas Paleógenas.

A mediados del Neógeno, aproximadamente hace 12 millones de años, sucedió el último gran pulso orogénico, denominado orogenia Andina, el cual es el responsable del paisaje que hoy observamos, además de la mayor parte de las estructuras geológicas como pliegues y fallas. En este punto se da por finalizada la fase distensiva y se da inicio a una fase de esfuerzos compresivos, como resultado del choque de placas tectónicas como Nazca, Cocos y Suramericana, cuyo choque se produjo en una dirección aproximada NW-SE, con lo que la mayor parte del relieve tiene una configuración perpendicular a esta, es decir NE-SW.

Los pulsos orogénicos menores, así como la orogenia Andina, generaron fracturas en las rocas, principalmente asociadas a fallamiento inverso, con vergencia al oriente, muchas de estas fallas son de carácter regional, como La Salina, Honda, Bilbao Romero y Cambras, esta última sirve como límite entre la zona cordillerana y la zona del valle interandino del Magdalena. Estas estructuras generan expresiones morfoestructónicas en superficie que han sido relacionadas con geoformas del ambiente estructural, entre ellas Cerros estructurales, Lomos, Sierras y Sierras y lomos de presión.

Así mismo, la orogenia Andina plegó las rocas Cretácico – Paleógenas, sobre las cuales se generaron sinclinales como Córdoba, San Pedro, Caparrapí Piedra Candela y Coscuez, y anticlinales como Ermitaño, Coscuez, Nazaret y Terama. Estas estructuras geológicas han dado origen a unidades geomorfológicas enmarcadas en el ambiente estructural como lo son Sierras anticlinales, Sierras sinclinales, Sierras homoclinales y Laderas estructurales y de contrapendiente de sierra anticlinal, sinclinal y homoclinal.

Los procesos erosivos se han recrudecido debido al aumento en el relieve relativo de las geoformas, que también se deriva en un aumento en el potencial hidrogravitatorio, así como en un mayor poder erosivo de los drenajes. Los materiales erosionados han sido transportados y depositados sobre el Valle Medio del Magdalena (VMM), que corresponde con la zona occidental en el área de estudio. El VMM tiene su origen en el Mesozoico y ha sido afectado por procesos de distensión y compresión. La fase distensiva origina fallas normales, reactivadas durante las fases compresivas, configurando un área de tectónicamente compleja, con alta prospección de hidrocarburos, asociada a las trampas estructurales y estratigráficas generadas durante cada una de las fases tectónicas. Según Morales (1958) la depresión misma del VMM habría comenzado a ocurrir a finales del Cretáceo y hasta el Mioceno habría tomado su forma actual, lo cual corresponde cronológicamente con los eventos que afectaron a la región cordillerana. En la región del Valle Medio del Magdalena que recae en la plancha, se han depositado formaciones geológicas recientes como la Formación Mesa, consistente en gravas y arenas, las zonas donde aflora esta formación, tienen morfología monticulada, y representa pequeñas ondulaciones en el terreno, las cuales son altamente susceptibles a los procesos erosivos. Estas zonas corresponden con unidades geomorfológicas del ambiente denudacional, entre ellas Escarpes de erosión mayor, Lomas denudadas, Lomos denudados de variadas dimensiones, Lomeríos disectados, Lomeríos muy disectados, Lomas residuales, Lomeríos poco disectados, Lomos residuales, Montículos y ondulaciones denudacionales y Planicies.

Las áreas de morfología plana y de posición baja, son producto del relleno de sedimentos que han sido erosionados desde las zonas con mayor relieve relativo y depositados sobre estas zonas amplias y planas, como resultado de la dinámica fluvial de ríos como Ermitaño, Negro, las quebradas Velásquez y las Pavas y por supuesto del río Magdalena. En estas zonas se han identificado depósitos aluviales, que han sido retrabajados, erosionados e incisados verticalmente para formar unidades geomorfológicas como Terrazas de acumulación, Terrazas de acumulación subreciente, Escarpes de terraza de acumulación, Terrazas de erosión y Escarpes de terraza de erosión. Comúnmente estas zonas son susceptibles a inundarse, por lo cual se asocian a geoformas como Barras puntuales, Planicies aluviales confinadas, Planos o llanuras de inundación y Barras compuestas (figura 40).

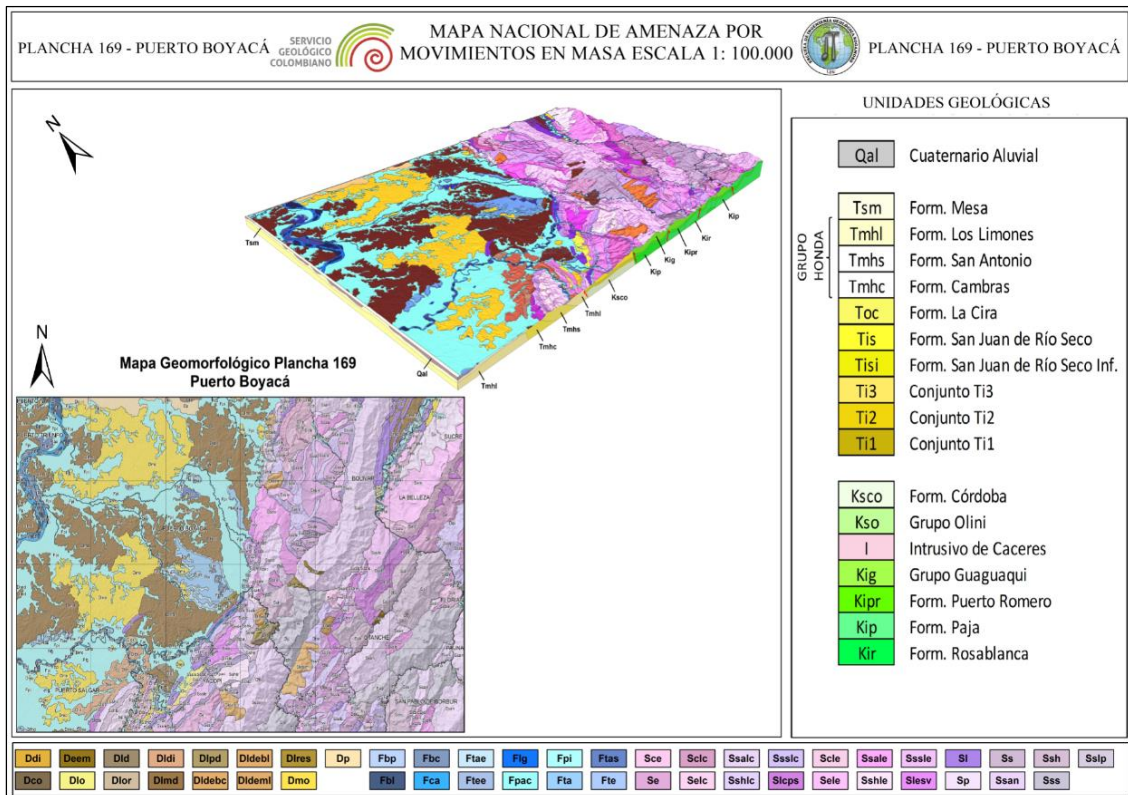


Figura 53. Bloque diagrama que ilustra el relieve, las unidades geológicas (tomadas de Ingeominas, 1994) y geomorfológicas cartografiadas en la plancha 169 – Puerto Boyacá

Fuente: autores

## CONCLUSIONES

La metodología empleada ***“Propuesta metodológica sistemática para la generación de mapas geomorfológicos analíticos aplicados a la zonificación de amenaza por movimientos en masa escala 1:100.000”*** (SGC, 2012), es el resultado de un análisis multicriterio que involucró entre otros, la utilización de datos geográficos y procesos de análisis jerárquicos-heurísticos, por demás influyentes en la determinación del índice de susceptibilidad de movimientos en masa, fundamental para la elaboración del Mapa Nacional de Amenaza Relativa.

La interpretación geomorfológica de la plancha es el resultado de una combinación de variables morfométricas, morfodinámicas, morfogenéticas y morfoestructurales, que, ayudado con insumos producidos por sensores remotos y coberturas geológicas, edafológicas y cobertura vegetal, permitieron una mejor caracterización de unidades.

La cartografía geomorfológica con una escala de trabajo 1:100.000 proporciona información concisa y sistemática; sobre las formas del terreno, su origen, los tipos de materiales involucrados y los procesos naturales tanto antiguos como activos que los afectan, lo anterior con el fin de proporcionar la reconstrucción histórica, presente y futuro del relieve de una zona específica, a partir de esta cartografía se genera una zonificación regional que constituye una herramienta informativa con base en la cual pueden definirse aspectos para diversas aplicaciones: conservación de áreas naturales, planificación y estudio de ecosistemas, evaluación de amenazas naturales, pero principalmente en el marco del presente estudio los movimientos en masa requieren un soporte geomorfológico que permita zonificar la amenaza relativa.

El área de estudio es afectada por procesos exógenos, que se evidencian hacia la zona piedemontana y sobre el flanco occidental de la cordillera Oriental, allí el principal agente modelador es el agua, que ayudado con el alto potencial hidrogravitatorio de estas zonas, permiten que procesos como la erosión hídrica en la actualidad sea el principal agente modelador del terreno.

La acción de los agentes modeladores en la plancha se ve favorecida por las características geológicas, topográficas y estructurales de la zona. Sin embargo, es claro que, hacia el sector oriental del área, prima el componente estructural, el cual controla la dirección de las unidades del paisaje, y que es en este punto donde actúan los agentes geomorfológicos con mayor fuerza en la modelación del relieve, a su vez estos agentes son los responsables del transporte y depositación de materiales sobre la zona occidental de la plancha, donde se han generado grandes Planos o llanuras de inundación (Fpi).



En la plancha 169 – Puerto Boyacá, fueron identificados tres (3) ambientes morfogenéticos y 48 unidades geomorfológicas, donde prima el ambiente estructural y en menor medida, pero con porcentajes similares, los ambientes denudacional y fluvial y lagunar.

El ambiente estructural es el ambiente de mayor predominancia, ocupa el 49,66% del área total de la plancha, las unidades enmarcadas en este ambiente, esta controladas por fallas regionales con dirección NE-SW, dirección en la que también se disponen las unidades del paisaje. Este ambiente morfogenético se relaciona con el último pulso orogénico, el cual plegó las rocas del sector oriental de la plancha, evidenciando un comportamiento dúctil de las mismas, razón por la cual las unidades más representativas del ambiente corresponden con Sierras anticlinales (Ssan), Laderas estructurales de sierra sinclinal (Sssle) y Laderas de contrapendiente de sierra sinclinal (Ssslc).

El ambiente denudacional ocupa un 26,40% del total del área de estudio, las principales unidades geomorfológicas que lo componen evidencian un relieve relativo bajo a muy bajo, con morfología alomada a monticulada, y están representadas principalmente en Lomeríos disectados (Dlmd) y Montículos y ondulaciones denudacionales (Dmo). Estas unidades se localizan principalmente hacia el sector centro-occidental de la plancha, sobre la región del Valle Medio del Magdalena.

El ambiente fluvial y lagunar ocupa un 23,95% del total del área de trabajo, el origen de las unidades allí enmarcadas, se asocia con la dinámica fluvial de las principales corrientes en la plancha, las cuales discurren en sentido este-oeste, que es la misma dirección en la que se disponen las unidades geomorfológicas más representativas como los Planos o llanuras de inundación (Fpi) y cuyo origen se relaciona al proceso de erosión, transporte y depositación de materiales.

La mayor parte de movimientos en masa cartografiados se ubican hacia el sector oriental de la plancha, pues es allí donde se dan las condiciones propias para su desarrollo, pues corresponden con zonas plegadas y falladas, donde se presentan procesos de meteorización intensa favorecidos por un clima tropical. Estos movimientos se generan sobre unidades geomorfológicas de ambiente estructural como Laderas de contrapendiente de sierra anticlinal (Ssalc), Espinazos (Se), Laderas de contrapendiente de sierra sinclinal (Ssslc), Sierras (Ss), Sierras sinclinales (Sss), Laderas estructurales de sierra sinclinal (Sssle), Sierras anticlinales (Ssan), entre otras. Los principales movimientos identificados corresponden con deslizamiento traslacional, caída de detritos, flujo de detritos, reptación de suelos y flujo de tierras.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Carvajal, J. (2002). *Caracterización de la metodología geomorfológica adaptada por Ingeominas- Documento sometido a discusión y modificaciones*. Bogotá D.C.
- Carvajal, J. (2008). *Primeras aproximaciones a la estandarización de la geomorfología en Colombia*. Bogotá D.C.
- Carvajal, J. (2012). *Propuesta de estandarización de la cartografía geomorfológica en Colombia*. Servicio Geológico Colombiano, Bogotá D.C.
- Climate-Data.org. (2018). Disponible en <https://es.climate-data.org/>
- Concesionario Ruta del Sol. (2016). Disponible en <https://www.youtube.com/channel/UCuoyENuLK3sCSpK2zucAGqg>
- Fabre, A. (1985). Dinámica de la sedimentación cretácica en la región de la Sierra Nevada del Cocuy (Cordillera Oriental), Proyecto Cretácico. *Publ. Geol. Esp*, 16, 1-20.
- Fabre, A. (1987). Tectonique et generation d'hydrocarbures: un modele de l'évolution de la Cordillere orientale de Colombia et du Bassin des llanos pendant le Cretace et le Tertiaire. *Arch. Sci*, 40(2), 145-190.
- Gansser, A. (1956). Ein Beitrag zur Geologie und Petrographie der Sierra Nevada de Santa Marta (Kolumbien, Sudamerika). *Min. Petr. Mitt*, 32(2), 209-279.
- Huggett, R. (2007). *Fundamentos de geomorfología* (2 ed.). Routledge.
- Ingeominas. (1994). *Mapa geología de la plancha 169 Puerto Boyacá . Escala 1:100.000*. Bogotá.
- Ingeominas. (1999). *Evaluación del potencial ambiental de los recursos suelo, agua, mineral y bosques en el territorio de jurisdicción de CARDIQUE. Informe de Ingeominas para CARDIQUE, convenio interadministrativo N° 095/98*. Bogotá D.C.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) y Servicio Geológico Colombiano. (2015). *Memoria explicativa de la zonificación de la susceptibilidad y amenaza relativa por movimientos en masa escala 1:100.000, plancha 169 - Puerto Boyacá, Anexo C Suelos Edáficos*. Bogotá D.C.
- Irving, E. (1971). La evolución estructural de los andes más septentrionales de Colombia. *Boletín Geológico*, XIX(2), :89.
- Mansarovar Energy. (2017). Disponible en <http://www.mansarovar.com.co/nuestra-compania/nuestros-activos/campo-velasquez>
- Mendivelso, D. (2009). *El sistema ITC para el levantamiento geomorfológico y análisis del terreno*. Ingeominas, Bogotá D.C.
- Montes, N., y Sandoval, A. (2001). *Base de datos de fallas activas de Colombia recopilación bibliográfica*. Ingeominas, Bogotá.
- Morales, L. (1958). General Geology and Oil Ocurences Of Middle Magdalena Valley, Colombia. AAPG.

- Pratt, S. (1961). Thr Muzo emerald mine. En: Geological foraminifera from Colombia S.A Centr, 1959-1978. *Colombian Society of Petroleum Geologists and Geophysicists*, 33-63.
- Rodríguez, E., y Ulloa, C. (1994). *Geología de la plancha 169 - Puerto Boyacá*. Ingeominas, Bogotá.
- Sarmiento, L. F. (2001). *Mesozoic Rifting and Cenozoic Basin Inversion History of the Eastern of the Cordillera, Colombian Andes. Inferences from tectonic models*. Tesis Ph. D, Netherlands Research School of Sedimentary Geology, Amsterdam.
- Servicio Geológico Colombiano (SGC). (2012). *Propuesta metodológica sistemática para la generación de mapas geomorfológicos analíticos aplicados a la zonificación de amenaza por movimientos en masa escala 1:100.000*. Bogotá D.C.
- Ulloa, C., y Rodríguez, C. (1981). Guia de excursión geología N°4, Bogotá-La Dorda. *Tercer congreso Colombiano de Geología*.
- Velasquez, E. (1999). *Contribution methodologique a la prise en compte du milieu physique dans la planification environnementale du territoire en zone montagnense de Colombie*. (Ph. D. Thesis), Université de Grenoble, Francia.
- Verstappen, H. T., y Van Zuidam, R. A. (1992). El sistema ITC para levantamientos geomorfológicos. *Publicación ITC(10)*.
- Villota, H. (1997). Una nueva aproximación a la clasificación fisiográfica del terreno. (Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Ed.) *CIAF*, 15(1): 83,115.

Memoria explicativa del mapa geomorfológico aplicado a movimientos en masa esc 1:100.000 plancha 169 – Puerto Boyacá

## **ANEXOS**

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Localización de la plancha IGAC 169 – Puerto Boyacá	9
<b>Figura 2.</b> Esquema de jerarquización geomorfológica, propuesto SGC (2012)	10
<b>Figura 3.</b> Patrón de drenaje controlado por estructura o pendiente	16
<b>Figura 4.</b> Etapas generales en el procedimiento para la generación de cartografía geomorfológica	18
<b>Figura 5.</b> Flujograma de proceso metodológico seguido para la elaboración de los mapas geomorfológicos escala 1:100.000	20
<b>Figura 6.</b> Bloque diagrama que ilustra las características geológicas de la plancha 169 – Puerto Boyacá	22
<b>Figura 7.</b> Bloque diagrama que ilustra las fallas de la plancha 169 – Puerto Boyacá	27
<b>Figura 8.</b> Distribución porcentual de ambientes morfogenéticos, plancha 169 – Puerto Boyacá	34
<b>Figura 9.</b> Mapa de unidades geomorfológicas, plancha 169 – Puerto Boyacá	35
<b>Figura 10.</b> Representación porcentual de las unidades de ambiente denudacional 169 – Puerto Boyacá	37
<b>Figura 11.</b> Mapa de unidades geomorfológicas del ambiente denudacional, 169 – Puerto Boyacá	38
<b>Figura 12.</b> Cono de deslizamiento indiferenciado (Ddi), localizado en el municipio de Otanche, vereda Los Blancos	39
<b>Figura 13.</b> Cono y lóbulo coluvial y de solifluxión (Dco), localizado en el municipio de Otanche, vereda Cambuco	40
<b>Figura 14.</b> Escarpe de erosión mayor (Deem), localizado en el municipio de Bolívar, en la vereda Nuevo Mundo y en el municipio de Puerto Boyacá, en la vereda Las Quinchas	41
<b>Figura 15.</b> Ladera ondulada (Dlo), localizado en el municipio de Yacopí, veredas La Filandia y Patevaca	42
<b>Figura 16.</b> Loma denudada (Dld), localizada en el municipio de Yacopí, vereda La Filandia	43
<b>Figura 17.</b> Loma residual (Dlor), localizada en el municipio de Puerto Salgar, en las veredas El Taladro y La Reines	44
<b>Figura 18.</b> Lomeríos disectados (Dldi), localizados en el municipio de Puerto Salgar, en la vereda La Rienes	45
<b>Figura 19.</b> Lomeríos muy disectados (Dlmd), localizados en el municipio de Puerto Boyacá, vereda Las Pavas	46
<b>Figura 20.</b> Lomeríos poco disectados (Dlpd), localizados en el municipio de Bolívar, en la vereda Arena Alta	46

<b>Figura 21.</b> Lomo denudado bajo de longitud corta (Dldebc) y Lomo denudado bajo de longitud larga (Dldebl), localizados en el municipio de Puerto Boyacá, en la vereda Las Quinchas	47
<b>Figura 22.</b> Lomo denudado moderado de longitud larga (Dldeml), localizados en el municipio de Otanche, en la vereda Cunchalita, sector La Cunchalita	49
<b>Figura 23.</b> Lomo residual (DIres), localizado en el municipio de Puerto Boyacá, en la vereda Las Pavas	50
<b>Figura 24.</b> Montículo y ondulaciones denudacionales (Dmo), localizado en el municipio de Puerto Boyacá en las veredas Calderón y Puerto Gutiérrez	51
<b>Figura 25.</b> Planicie (Dp), localizada en el municipio de Puerto Boyacá, vereda Calderón.	51
<b>Figura 26.</b> Representación porcentual de las unidades del ambiente fluvial y lagunar, 169 – Puerto Boyacá	53
<b>Figura 27.</b> Mapa de unidades geomorfológicas del ambiente fluvial y lagunar, 169 – Puerto Boyacá	54
<b>Figura 28.</b> Barra puntual (Fbp), localizada en el municipio de Puerto Salgar, vereda El Guayabo, sector Isla Palomo	55
<b>Figura 29.</b> Cauce aluvial (Fca), Plano o llanura de inundación (Fpi) y Barras longitudinal (Fbl), localizados en el casco urbano del municipio de Puerto Boyacá y en la vereda Puerto Nino	57
<b>Figura 30.</b> Escarpe de terraza de acumulación (Ftae), localizado en el departamento de Boyacá en el casco urbano del municipio de Puerto Boyacá y en la vereda Puerto Perales	58
<b>Figura 31.</b> Laguna (Flg), localizada en el municipio de Puerto Salgar, en la vereda El Guayabo, sector Buenos Aires	59
<b>Figura 32.</b> Planicie aluvial confinada (Fpac), localizada en el municipio de Puerto Boyacá, vereda las Quinchas	60
<b>Figura 33.</b> Terraza de acumulación (Fta), Terraza de acumulación subreciente (Ftas), localizadas en el municipio de Puerto Boyacá, vereda Las Pavas	61
<b>Figura 34.</b> Terraza de erosión (Fte) y Escarpe de terraza de erosión (Ftee), localizado en el municipio de La Belleza, veredas Campo Blanca y Ceiba.	62
<b>Figura 35.</b> Representación porcentual de las unidades de ambiente estructural, plancha 169 – Puerto Boyacá	64
<b>Figura 36.</b> Mapa de unidades geomorfológicas del ambiente estructural, plancha 169 – Puerto Boyacá	65
<b>Figura 37.</b> Cerro estructural (Sce), localizado en el municipio de Otanche, vereda Cartagena	66
<b>Figura 38.</b> Espinazo (Se), localizado en el municipio de La Belleza, vereda La Tipa	67

<b>Figura 39.</b> Ladera de contrapendiente de cuesta (Sc <sub>lc</sub> ) y Ladera estructural de cuesta (Sc <sub>le</sub> ), localizadas en el límite entre los municipios de Puerto Boyacá y Bolívar, en el sector El Mirador	68
<b>Figura 40.</b> Ladera de contrapendiente de espinazo (Selc) y Ladera estructural de espinazo (Sele), localizada en el municipio de La Belleza	69
<b>Figura 41.</b> Ladera de contrapendiente de sierra anticlinal (Ssalc) y Ladera estructural de sierra anticlinal (Ssale), localizado en el municipio de San Pablo de Borbur, vereda Calcetero Bajo	70
<b>Figura 42.</b> Ladera contrapendiente de sierra homoclinal (Sshlc), localizada en el municipio de Yacopí, vereda Castillo	71
<b>Figura 43.</b> Ladera de contrapendiente de sierra sinclinal (Ssslc) y Ladera estructural de sierra sinclinal (Sssle), localizadas en el municipio de Otanche, en las veredas Pénjamo, Bolívar y Buenos Aires	72
<b>Figura 44.</b> Ladera de contrapendiente suave (Slc <sub>ps</sub> ), localizada en el municipio de Otanche, en las veredas Camilo y Curibita	73
<b>Figura 45.</b> Ladera estructural suave (Slesv), localizada en el municipio de Puerto Boyacá, en la vereda Las Quinchas	76
<b>Figura 46.</b> Lomos (Sl), localizado entre los municipios de Puerto Boyacá y Yacopí, veredas Guarero y Pavas	77
<b>Figura 47.</b> Plancha (Sp) y Ladera estructural de sierra homoclinal (Sshle), localizadas en el municipio de Puerto Salgar, vereda Cano Pescado	78
<b>Figura 48.</b> Sierra (Ss), localizadas en el municipio de Otanche, veredas El Carmen y Pénjamo	79
<b>Figura 49.</b> Sierra anticlinal (Ssan), localizado en el municipio de Yacopí, en las veredas Bejucales, Caipal y Ventanas	80
<b>Figura 50.</b> Sierra homoclinal (Ssh), localizada en el municipio de Puerto Boyacá, vereda Las Quinchas	81
<b>Figura 51.</b> Sierra sinclinal (Sss), localizada en el límite entre los municipios de Otanche y Puerto Boyacá, en las veredas Oasis y Las Quinchas respectivamente	82
<b>Figura 52.</b> Sierra y lomo de presión (Sslp), localizado en el límite entre los municipios de Otanche y San Pablo de Borbur	83
<b>Figura 53.</b> Bloque diagrama que ilustra el relieve, las unidades geológicas (tomadas de Ingeominas, 1994) y geomorfológicas cartografiadas en la plancha 169 – Puerto Boyacá	87

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Rangos de intervalos de altura o relieve relativo	14
<b>Tabla 2.</b> Rangos de inclinación de la ladera	14
<b>Tabla 3.</b> Rango de longitud de la ladera	15
<b>Tabla 4.</b> Rangos de forma de la ladera	15
<b>Tabla 5.</b> Forma de cresta y valles	16
<b>Tabla 6.</b> Ambientes morfogenéticos por áreas, plancha 169 – Puerto Boyacá	34
<b>Tabla 7.</b> Relación de unidades geomorfológicas del ambiente denudacional, plancha 169 – Puerto Boyacá	36
<b>Tabla 8.</b> Relación geoformas ambiente fluvial y lagunar, plancha 169 – Puerto Boyacá	52
<b>Tabla 9.</b> Relación geoformas ambiente estructural, plancha 169 – Puerto Boyacá	63



Memoria explicativa del mapa geomorfológico aplicado a movimientos en masa esc 1:100.000 plancha 169 – Puerto Boyacá

## ÍNDICE DE ANEXOS

**Anexo 1.** Mapa geomorfológico aplicado a movimientos en masa esc 1:100.000 plancha 169 – Puerto Boyacá.