



POMCA

RÍO SUCIO ALTO



FASE DE DIAGNÓSTICO GEOMORFOLOGÍA CARVAJAL

NOVIEMBRE DE 2019

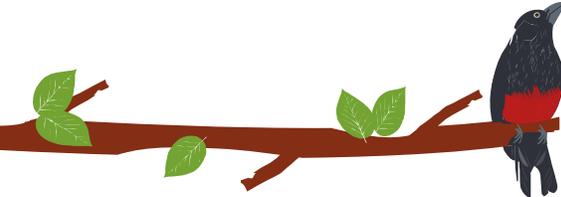
CONTRATO No: 200-10-01-09-0240-2017

CONESTUDIOS S.A.S

NIT.811.044.748-1

PBX: 456 18 27

Carrera 46#45 #10. Oficinas 211-212. Bello, Antioquia



FASE DE DIAGNÓSTICO

TOMO I

REGISTRO DE APROBACIÓN:

Versión N°	Elaboró:	Revisó: (Pendiente)	Aprobó: (Pendiente)	Fecha:
		CONESTUDIOS S.A.S	CORPOURABA	Entidad: Funcionario: Cargo:

REGISTRO DE MODIFICACIONES:

REVISIÓN		DESCRIPCIÓN DE LAS MODIFICACIONES
Número	Fecha	
1	00/00/2018	Ajustes de acuerdo a concepto técnico de CORPOURABA n° _____ del (dd/mm/aaaa) _____
2	00/00/2018	Ajustes de acuerdo a concepto técnico de CORPOURABA n° _____ del (dd/mm/aaaa) _____

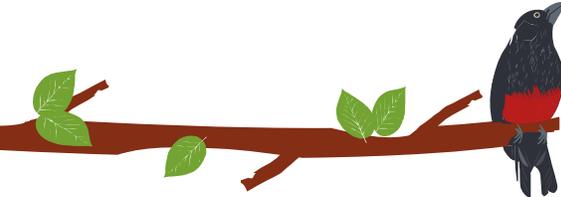


TABLA DE CONTENIDO

1	CARACTERIZACIÓN DEL MEDIO FÍSICO BIÓTICO	8
1.1	GEOMORFOLOGÍA del servicio geologico colombiano (carvajal)	8
1.1.1	Generalidades	8
1.1.2	OBJETIVO GENERAL	9
1.1.3	LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	10
1.1.4	METODOLOGÍA APLICADA.....	11
1.1.5	ELABORACIÓN FINAL DEL MAPA GEOMORFOLÓGICO.....	27
1.1.6	ORIGEN Y EVOLUCIÓN DE LA CUENCA DEL RIO SUCIO ALTO	64
1.1.7	PRODUCTOS OBTENIDOS.....	69
1.1.8	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	71

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 378.	Localización del área de la Cuenca del Río Sucio Alto con distribución de planchas a Escala 1:25.000. Elaboración propia.....	10
Figura 379.	Flujograma de actividades en la generación del mapa geomorfológico requerido para el POMCA de la cuenca Río Sucio Alto. Elaboración propia.	12
Figura 380.	Mapa topográfico base a escala 1:25.000. Elaboración propia a partir de IGAC, 2010.....	14
Figura 381.	Mosaico de las Imágenes de satélite Landsat TM 8, elaboración propia a partir de https://glovis.usgs.gov/app	16
Figura 382.	Cubrimiento con ortofotos del área de la cuenca del Río Sucio Alto. elaboración propia a partirde Gobernación de Antioquía.....	16
Figura 383.	Cubrimiento del área del municipio de Frontino con ortofotos. elaboración propia a partir de Municipio de Frontino, Antioquia.....	16
Figura 384.	Modelo de sombras en tono de grises, derivado del modelo digital del terreno de 12.5mx12.5m de resolución sobre el área de la cuenca. elaboración propia a partir de Modelo DEM ALOS_PALSAR, 2012.	18
Figura 385.	Rangos de altura de la cuenca Río Sucio Alto. elaboración propia a partir de DEM ALOS-PALSAR 2012.	18
Figura 386.	Mapas de pendiente en grados derivados del DTM de 12.5mX12.55m de resolución, para visualizar los ambientes morfogenéticos en la cuenca elaboración propia a partir de Modelo de elevación ALOS_PALSAR, 2012.	18
Figura 387.	Esquema de jerarquización geomorfológica. elaboración propia a partir de (CARVAJAL; SGC, 2012)	22

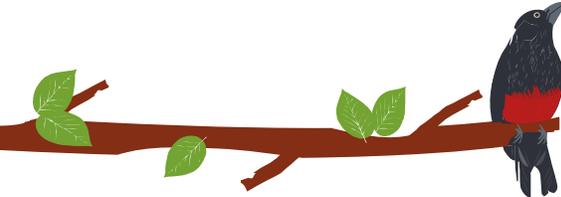


Figura 388. Unidades geomorfológicas identificadas en la Cuenca Río Sucio Alto. Elaboración propia	24
Figura 389. Trazado de los recorridos campo (verificación). Elaboración propia.	26
Figura 390. Cono y lóbulo coluvial y de solifluxión (Dco), en los cuales se observa el escarpe o zona de inicio (e) del deslizamiento, cuerpo o zona de depósito (d). Estación GJAM-07, cuyas coordenadas son: N1233885, E1121241. Elaboración propia	29
Figura 391. Cono de talus (Dct), en los cuales se observa la acumulación de bloques. escarpe o zona de inicio (e) del deslizamiento, cuerpo o zona de depósito (d). Estación GJAM-18, cuyas coordenadas son: N 1255644, E 1111860. Elaboración propia.	29
Figura 392. Deslizamiento rotacional estabilizado sobre la vía Dabeiba-Mutatá, en los cuales se observa la magnitud del mismo. Estación GJAM-23, cuyas coordenadas son: N 1267077, E 1087173. Elaboración propia.....	30
Figura 393. Escarpe menor sobre la vía Dabeiba-Mutatá, en los cuales se observa la corona de deslizamiento. Estación GJAM-02, cuyas coordenadas son: N 1253328, E 1092031. Elaboración propia.....	31
Figura 394. Flujos de detritos sobre la vía San José de Urama-Camparrusia. Estación GJAM-46, cuyas coordenadas son: N 1266055, E 1115105. Elaboración propia.	32
Figura 395. Flujos de lodo y tierra (Dlfl) sobre la vía Abriaquí-Corcovado. Estación GJAM-37, cuyas coordenadas son: N 1265800, E 1114838. Elaboración propia	33
Figura 396. Deslizamiento de gran magnitud presentado sobre un lomo denudado ubicado en el corregimiento de Camparrusia, municipio de Dabeiba, Antioquía. Estación GJAM-47, cuyas coordenadas son: N 1265800, E 1114838. Elaboración propia	34
Figura 397. Lomeríos de disectados (Dldi) sobre sedimentos de la formación Guineales, vereda Alto Bonito, municipio de Dabeiba, Antioquía. Estación GJAM-47, cuyas coordenadas son: N 1268494, E 1078703. Elaboración propia	35
Figura 398. Pedimentos de acumulación (Dpa) sobre las Sedimentitas de Beibaviejo, vereda La Clara, municipio de Dabeiba, Antioquía. Estación GJAM-47, cuyas coordenadas son: N 1266405, E 1088439. Elaboración propia.....	36
Figura 399. Geofomas de origen aluvial, identificadas en el plano o llanura de inundación del río Herradura, vereda Corcovado municipio de Abriaquí, Antioquía, Estación GJAM-30, coordenadas N1224344, E1113145. Elaboración propia	37
Figura 400. Geofomas de origen aluvial, identificadas en el plano o llanura de inundación del río Urama, Dabeiba, Antioquía, Estación GJAM-03, coordenadas N 1265369, E 1091009. Elaboración propia.....	38
Figura 401. Geofomas de origen aluvial, identificadas en el plano o llanura de inundación del río Herradura, vereda Potreros, municipio de Frontino, Antioquía, Estación GJAM-42, coordenadas N1231263, E1109203. Elaboración propia	38
Figura 402. Geofomas de origen aluvial, identificadas en el plano o llanura de inundación del río Musinga, vereda Nutibara, municipio de Frontino, Antioquía, Estación GJAM-32, coordenadas N1241035, E1097022. Elaboración propia	39
Figura 403. Espolón faceteado moderado de longitud larga (Sefcml) desarrollado sobre rocas ígneas intrusivas, vereda El Cerro, municipio de Frontino, Antioquía. Estación GJAM-33, coordenadas N1236166, E1102998. Elaboración propia	40



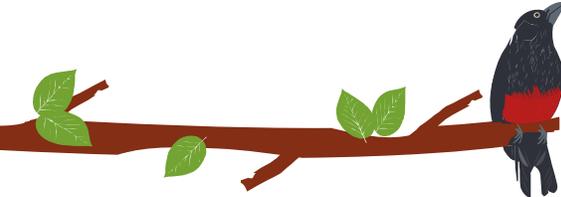


Figura 404. Espolón bajo de longitud media (Sesbm), desarrollado sobre rocas sedimentaria, vereda Musinguita, municipio de Frontino, Antioquía, estación GJAM-45, coordenadas N1238386, E1099233. Elaboración propia 42

Figura 405. Facetas triangulares. Estación GJAM-52, coordenadas 1102602, 1269375, corregimiento de la Balsa, municipio de Dabeiba, Antioquia. Elaboración propia 43

Figura 406. Lomo de falla (Slfe), desarrollado sobre rocas sedimentaria de la Formación Urrao, Uramita, Antioquía, estación GJAM-14, coordenadas N1254329, 1100465. Elaboración propia 44

Figura 407. Sierra (Ss), Uramita, Antioquía, vereda El Botón, municipio de Dabeiba, Antioquía, estación GJAM-22, coordenadas N1257415, E1090951. Elaboración propia 44

Figura 408. Sierra homoclinal (Ssh), desarrollada sobre Litoarenitas, limolitas y lodolitas de la Formación Urrao, vereda Camparrusia, municipio de Dabeiba, Antioquía, estación GJAM-48, coordenadas N1264380, E1113739. Elaboración propia 45

Figura 409. Sierra y lomos de presión (Sslp), desarrollada sobre Litoarenitas, limolitas y lodolitas de la Formación Urrao, vereda San Benito, municipio de Uramita, Antioquía, estación JAM-12, coordenadas N1255775, E1111726. Elaboración propia 46

Figura 410. Sierra y lomos de presión (Sslp), desarrollada sobre Litoarenitas, limolitas y lodolitas de la Formación Urrao, vereda Juntas de Uramita, municipio de Cañasgordas, Antioquía, estación GJAM-15, coordenadas N1257495, E1115682. Elaboración propia .. 46

Figura 411. Ladera contrapendiente (Slcp), desarrollada sobre cherts y calizas de la Formación Nutibara, vereda La Herradura, municipio de Frontino, Antioquía, estación GJAM-27, coordenadas N1242433, E1108253. Elaboración propia 48

Figura 412. Afloramiento de macizo rocoso de los Chert y calizas de Nutibara (K2cn), en donde se observa los planos de estratificación, estación JAM-05, vía Nacional Medellín – Turbo, municipio de Cañasgordas, vereda Botija Bajo, coordenadas (1106263.6 E - 1247864.6 N). Elaboración propia..... 51

Figura 413. Litoarenitas, limolitas y lodolitas de Urrao (K2alu) de origen sedimentario, muy fracturadas, estación JAM-07, vereda Cestillal, municipio de Cañasgordas, (1110663.9E – 1250219.8N). Elaboración propia..... 52

Figura 414. Deslizamiento de tipo rotacional en la cuenca alta del río Cañasgordas, donde se evidencia el escarpe o zona de inicio (e), cuerpo o zona de depósito (d) sobre suelo residual de las litoarenitas, limolitas y lodolitas de Urrao (K2alu), estación GJAM-09, vía Nacional Medellín – Turbo, vereda El Nadero, municipio de Cañasgordas, Antioquía, coordenadas (1119730E - 1235601N). 53

Figura 415. Movimiento en masa tipo deslizamiento, donde se evidencia el escarpe o zona de inicio (e), cuerpo o zona de depósito (d) sobre suelo residual de las litoarenitas, limolitas y lodolitas de Urrao (K2alu), estación GJAM-11, vía Nacional Medellín – Turbo, Cañasgordas, Antioquía, coordenadas (1116082E - 1238881N). 54

Figura 416. Espacialización de los procesos morfodinámicos interpretados en la Cuenca Río Sucio Alto. utilizando imágenes de satélite y fotografías aéreas. Fuente: Propia .. 55

Figura 417. Patrón de drenaje controlado por la inclinación del terreno, tipo y estructuras de la roca subyacente, densidad de vegetación y condiciones climáticas. Tomado de Huggett (2007) en (SGC) 2012). 57

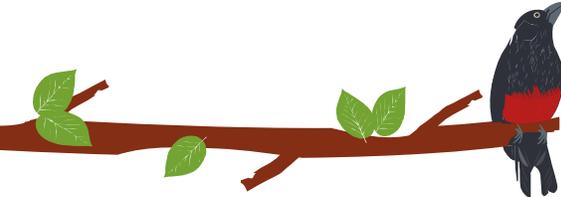


Figura 418. Formato utilizado en la captura de información de los movimientos en masa. Elaboración propia.	58
Figura 419. Identificación de la estación de campo. Elaboración propia.....	59
Figura 420. Procesos morfodinámicos inventariados en la salida de campo. Elaboración Propia	60
Figura 421. Deslizamiento de tipo flujos de detritos formando un abanico aluvial en la cuenca alta del río Urama, quebrada Charrascal, estación GJAM-50, vía San José de Urama-Camparrusia, vereda Churrascal, municipio de Dabeiba, Antioquía, coordenadas (1106624E - 1266909N).....	62
Figura 422 . Deslizamiento de tipo flujos de detritos formando un abanico aluvial en la cuenca alta del río Urama, sector Los Mangos, estación GJAM-51, vía San José de Urama-Camparrusia, vereda Churrascal, municipio de Dabeiba, Antioquía, coordenadas (1106125E - 1267152N).....	62
Figura 423. Relación de la ocurrencia de los movimientos en masa por Unidad Geológica Superficial.	63
Figura 424. Modelo de colisión de los bloques Norandino y Panamá tomado de (Kellogg, J. N., and Vega, V., 1995), en donde se destacan los vectores de desplazamiento de las placas tectónicas.	65
Figura 425. Sección W-E que muestra los sistemas de acreción en el occidente desde el Cretácico al Neógeno, tomado de (Cediel, F., R. P. Shaw, & C. Cáceres, 2003). 1) Falla Santa Marta-Bucaramanga, 2) Falla Palestina, 3) Sistema de Falla Cauca-Romeral, 4) Sistema de Falla Garrapata-Dabeiba y 5) Sistema de Falla Atrato.	66
Figura 426. a -c) Reconstrucción esquemática de la margen Andina norte, mostrando con flechas la dirección de influencia de las diferentes placas tectónicas sobre el bloque Andino norte y particularmente sobre el Valle del Magdalena y la Cordillera Oriental durante el Cenozoico. d) Reconstrucción esquemática de la de la deformación actual dentro del bloque Andino. Las Flechas indican la dirección y velocidad aproximada de las capas (Acosta, 2002).	67
Figura 427. Perfil Geomorfológico de la cuenca Río Sucio Alto. Elaboración propia	69
Figura 428. Geomorfología de la cuenca del Río Sucio Alto a escala 1:25.000. Elaboración propia.	70

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 320. Ambientes morfogenéticos. Tomado de (Verstappen & Van Zuidam, 1992) y (SGC, 2012).	20
Tabla 321. Visión de la Jerarquización geomorfológica propuesta y aspectos generales de la nomenclatura y la relación entre geofomas en cada división o categoría para la cuenca Río Sucio Alto.	22
Tabla 322. Rangos de altura o relieve relativo (SGC, 2012).	56
Tabla 323. Rangos de inclinación de la ladera (SGC, 2012).	56
Tabla 324. Rango de longitud de la ladera (SGC, 2012).	56

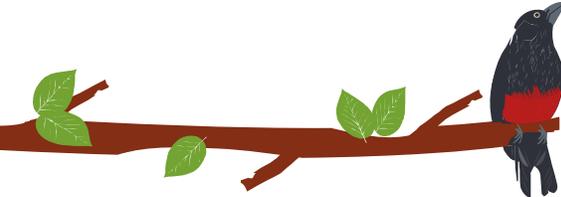
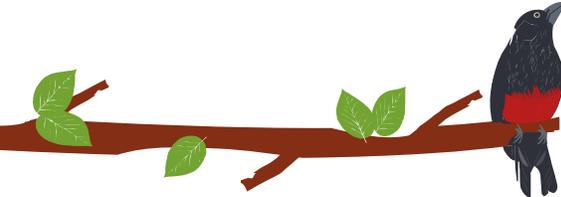


Tabla 325. Forma de la ladera (SGC, 2012).	57
Tabla 326. Forma de crestas y valles (SGC, 2012).	57
Tabla 327. Inventario de procesos morfodinámicos activos en la Cuenca Río Sucio Alto.	60

EN ETAPA DE PUBLICIDAD



1 CARACTERIZACIÓN DEL MEDIO FÍSICO BIÓTICO

1.1 GEOMORFOLOGÍA DEL SERVICIO GEOLOGICO COLOMBIANO (CARVAJAL)

1.1.1 Generalidades

1.1.1.1 Resumen

Se presenta la memoria técnica correspondiente al mapa geomorfológico elaborado en el marco del proyecto "Actualización de la fase de Aprestamiento del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica del Río Sucio Alto (Código 1111-01), como apoyo a la zonificación de las amenazas e incorporación del tema de gestión del riesgo en la cuenca".

El mapa geomorfológico elaborado cubre la totalidad del área de la cuenca Río Sucio Alto. Se identificaron y delinearon cuarenta (40) unidades y subunidades geomorfológicas sobre el sistema montañoso de la Cordillera Occidental, incluyendo las subunidades localizadas sobre los sistemas de valles intramontanos, asociados a los cinco principales ríos como: Herradura, Chuzá, Musinga, El Cerro, Nore, Urama y Uramita. La totalidad de unidades y subunidades interpretadas pertenecen a cuatro (4) ambientes morfogénéticos y fueron clasificadas y distribuidas de la siguiente forma: diez y seis (16) unidades pertenecen al ambiente Denudacional, diez y siete (17) unidades del ambiente Estructural, cinco (5) unidades del ambiente fluvial, y dos (2) unidades de origen Antrópico. Cada una de las unidades y subunidades interpretadas y representadas en la leyenda del mapa, se identificaron con un símbolo, una descripción y su código de color según el ambiente respectivo.



1.1.1.2 INTRODUCCIÓN

En referencia al Decreto 1640 de 2012 y para dar cumplimiento a lo establecido en el título IV "De los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas", se llevaron a cabo los trabajos correspondientes la fase de Diagnóstico. Iniciando con una revisión y análisis de información básica y temática existente sobre el área de la cuenca.

La cuenca Río Sucio Alto, se encuentra en la jurisdicción de los municipios de Abriaquí, Cañasgordas, Frontino, Uramita y Dabeiba, ocupando una extensión de 217.850 hectáreas, de las cuales Abriaquí, Cañasgordas y Uramita, se encuentran totalmente en su interior y Dabeiba y Frontino solo comparten aproximadamente el 50% de sus territorios con la cuenca.

En los dos (2) primeros capítulos, se presenta una, introducción y las generalidades, (objetivos, insumos utilizados, metodología, jerarquización geomorfológica); en el capítulo 3, se presenta los sistemas de terreno, definición de los ambientes morfogenéticos y características geomorfológicas regionales, junto con la descripción de las unidades y subunidades geomorfológicas que fueron interpretadas y verificadas durante los recorridos efectuados en la etapa de campo.

En el capítulo 4, se presenta el origen y evolución de la cuenca, enmarcado en el contexto de los diferentes eventos y procesos que han tenido lugar en el área como: las deformaciones tectónicas y los movimientos orogénicos que incidieron en el origen, desarrollo y evolución de los diferentes paisajes plegados y fallados, sobre los cuales se encuentran ubicados los distintos sistemas de relieve, las unidades y subunidades geomorfológicas en la cuenca. Finalmente, en los capítulos 5 y 86 se muestran los productos finales obtenidos y se presentan unas conclusiones y las referencias bibliográficas.

Es importante destacar que una vez verificadas las unidades y subunidades geomorfológicas durante los trabajos de campo, se efectuó una reinterpretación de los diferentes insumos, junto con la incorporación y ajuste de los datos tomados y verificados en campo, obteniendo finalmente las subunidades definitivas.

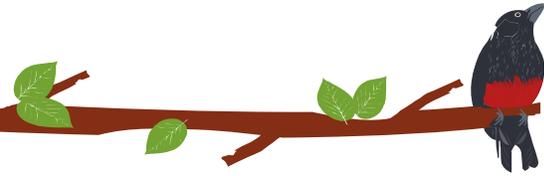
La interpretación de las unidades y subunidades se hizo mediante la utilización de diferentes insumos (imágenes Landsat TM 8, modelos digitales y fotografías aéreas a color).

1.1.2 OBJETIVO GENERAL

Elaborar el mapa geomorfológico de la cuenca del Río Sucio Alto a escala 1:25.000, a partir de la recopilación de información secundaria existente, del uso e interpretación de imágenes de sensores remotos, modelos de elevación digitales y fotografías aéreas, con el propósito de apoyar la temática de zonificación de la susceptibilidad y amenazas en el marco de la inclusión de la gestión del riesgo en el POMCA de la cuenca Río Sucio Alto.

1.1.2.1 Objetivos específicos

- Elaborar el mapa geomorfológico con su respectiva leyenda de la cuenca del Río Sucio Alto de acuerdo con la metodología de Carvajal, 2012; SGC, 2012.
- Definir y determinar los ambientes morfogenéticos predominantes en el área de la cuenca del Río Sucio Alto con el propósito de obtener la cartografía geomorfológica a escala 1:25.000 de las 33 planchas individuales que cubren el área de la cuenca.



- Comprobar las unidades geomorfológicas delineadas en la fase de fotointerpretación mediante trabajos de verificación en el campo y efectuar la toma de los datos morfodinámicos, para complementar la descripción de las unidades y los procesos geomorfológicos presentes en el área.

1.1.3 LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

La cuenca del Río Sucio Alto sobre la cual trata el proyecto, se encuentra localizada 50 km al noroccidente del departamento de Antioquia (Figura 1) a partir del sitio donde se presenta la divisoria de aguas entre los ríos que fluyen hacia NW en dirección de la cuenca del Atrato y hacia el SE, en la subcuenca del río Tonusco que fluye hacia la cuenca del río Cauca. Topográficamente, la mayor parte del área varía entre los 2.500 y 1.400 msnm en la parte central; hacia el N se encuentran alturas de 3.200 m en las estribaciones del Nudo de Paramillo y hacia el SW, el Cerro Frontino con 3.400 msnm.

Hidrográficamente, la cuenca del Río Sucio Alto discurre hacia el NW, siendo sus principales tributarios los ríos Urama, Verde, El Cerro, Cañasgordas y Herradura.

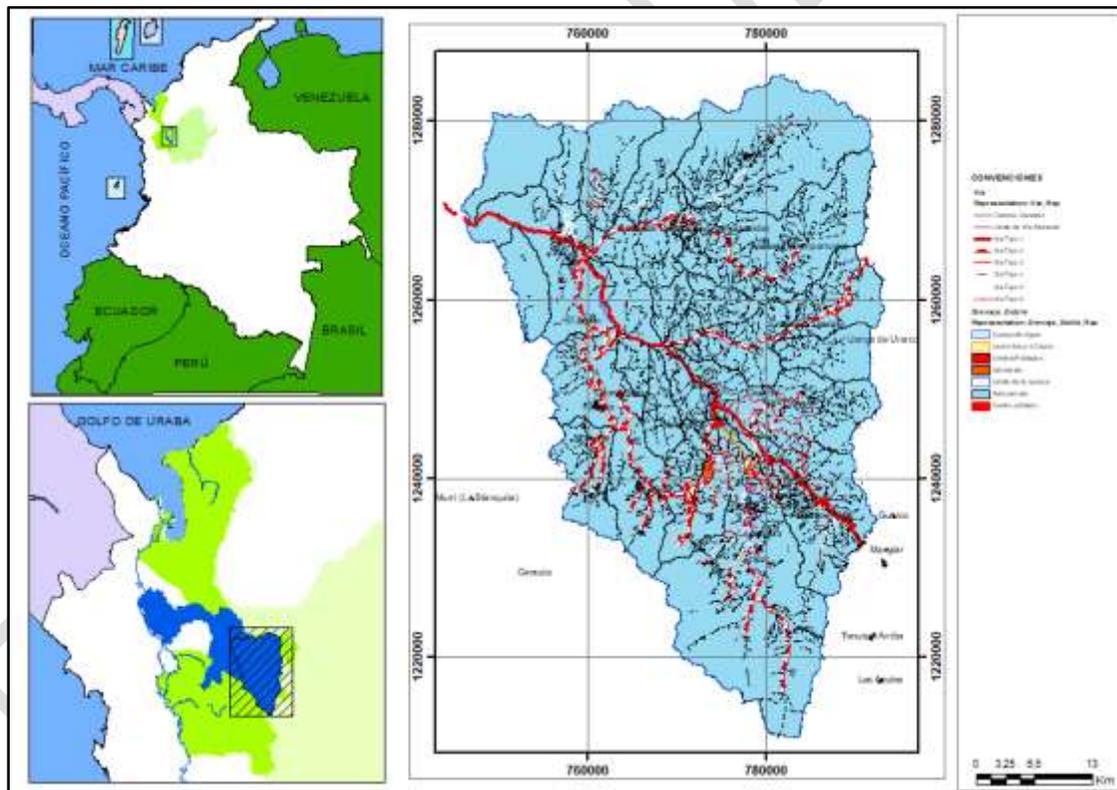
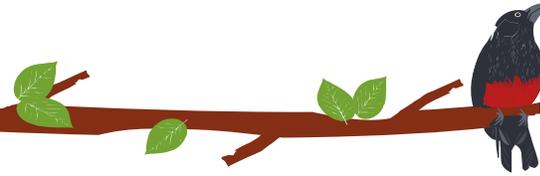


Figura 1. Localización del área de la Cuenca del Río Sucio Alto con distribución de planchas a Escala 1:25.000. Elaboración propia





1.1.4 METODOLOGÍA APLICADA

En cuanto a la aplicación de la metodología, se siguieron las indicaciones consignadas en los documentos sobre la aplicación de las metodologías solicitadas (MADS, 2015)(Figura 2), para su aplicación en los POMCA, y siguiendo la propuesta de Estandarización de la Metodología de Geomorfología (Carvajal, 2012) y la experiencia obtenida por el Servicio Geológico Colombiano (Servicio Geológico Colombiano, 2012) (Servicio Geológico Colombiano, 2014) (Servicio Geológico Colombiano, 2017), con metodología para la elaboración de los mapas geomorfológicos en desarrollo del proyecto de Movimientos en masa a nivel nacional y datos consultados en la guía metodológica (SGC, 2014), que comprenden: a) Revisión y recopilación de información existente, b) Preparación de la información básica existente, c) Procesamiento de la información de insumos utilizados, d) Trabajos de fotointerpretación, e) Trabajos de verificación en el campo, f) Reinterpretación de insumos y ajuste de la información colectada en campo, g) Elaboración de los mapas finales con su respectiva leyenda, h) Preparación de la memoria técnica explicativa que acompaña el mapa geomorfológico.



PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA RÍO SUCIO ALTO
FASE DE DIAGNÓSTICO

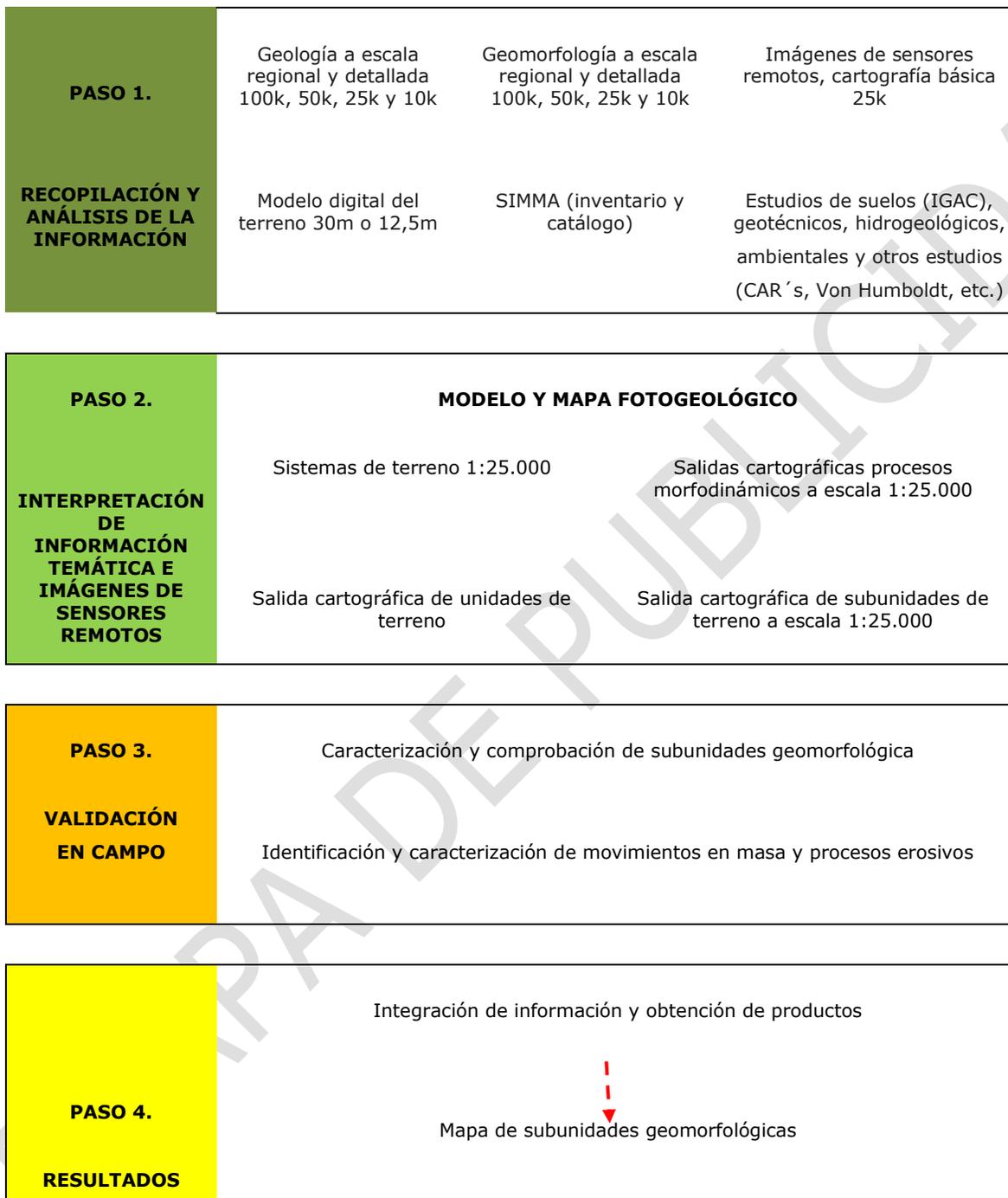
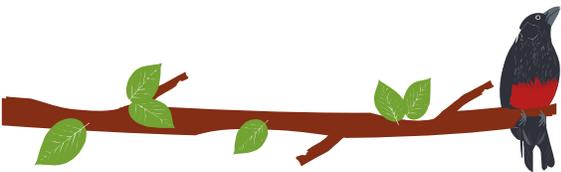


Figura 2. Flujoograma de actividades en la generación del mapa geomorfológico requerido para el POMCA de la cuenca Río Sucio Alto. Elaboración propia.



1.1.4.1 INSUMOS UTILIZADOS

El primer paso seguido en el proceso para la elaboración del mapa geomorfológico, fue la búsqueda de información e insumos básicos en diferentes Entidades como el IGAC, IDEAM, Servicio Geológico Colombiano, Universidad Nacional de Colombia, CORPOURABÁ y demás. Durante la búsqueda y adquisición de la información en las diferentes entidades permitió conocer la existencia de los insumos indispensables para el desarrollo del proyecto, el estado del conocimiento geomorfológico de la cuenca; así como la evaluación, análisis y estado de la preparación de la información básica y temática disponible, tanto en medio análogo como en medio digital.

Los mapas topográficos base se utilizaron en la delimitación de las unidades geomorfológicas y los procesos morfodinámicos observados e interpretados sobre las fotografías aéreas y las imágenes de satélite.

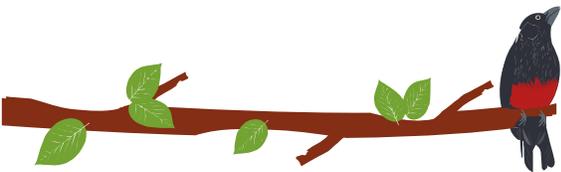
Las imágenes de satélite y las ortofotografías que cubren el área del proyecto, presentan buena resolución y calidad de la información.

En la fase de elaboración del mapa geomorfológico de la cuenca se consultaron dos modelos digitales de elevación uno con 30m x 30m de resolución de la (NASA) y el modelo con resolución de 12,5m x 12,5 m. de ALOS-PALSAR, a partir de los cuales se generó un modelo de sombras, utilizado en el mejoramiento y resalto de los rasgos de las unidades geomorfológicas presentes en la cuenca. Adicionalmente, se generó un mapa de pendiente en grados, el cual se clasificó de acuerdo con los rangos propuestos por la metodología del Servicio Geológico Colombiano para obtener un buen contraste y una mejor evidencia de los cambios en la topografía, los colores utilizados para la representación del mapa de pendientes, también ayudaron a resaltar las geofomas.

A continuación, se listan los insumos utilizados:

- Información cartográfica de mapas del IGAC a escala 1:25.000
- Imágenes Landsat
 - LC08_L1TP_009055_20171218_20171224_01_T1
 - LC080100552018011001T1-SC20180212203931 (Suministrada por el contratista)
 - Imagen verde
- Imagen Quickbird 7m resolución
- Ortofotos
 - Frontino
 - 10m
- DEM ALOS-PALSAR 12.5m
- Planchas geológicas digitales a escala 1:100.000
 - 114 Dabeiba
 - 129 Cañasgordas

Toda la información fue almacenada en una Geodatabase con estructura de datos nativos para ArcGIS y formato de datos principal para la edición y administración de los mismos; de acuerdo con la estructura de datos del POMCA Rio Sucio, dentro del dataset



PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA RÍO SUCIO ALTO
FASE DE DIAGNÓSTICO

correspondiente a geomorfología. La base de datos se alimentó con la información interpretada de subunidades geomorfológicas, teniendo en cuenta las reglas topológicas.

1.1.4.1.1 Mapas topográficos base a escala 1:25.000 del IGAC

Los mapas topográficos o bases cartográficas utilizados están en formato digital a escala 1:25.000, elaborados por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi-IGAC, estos mapas contienen información sobre: curvas de nivel, hidrografía, vías, construcciones y puntos de control, Figura 3.

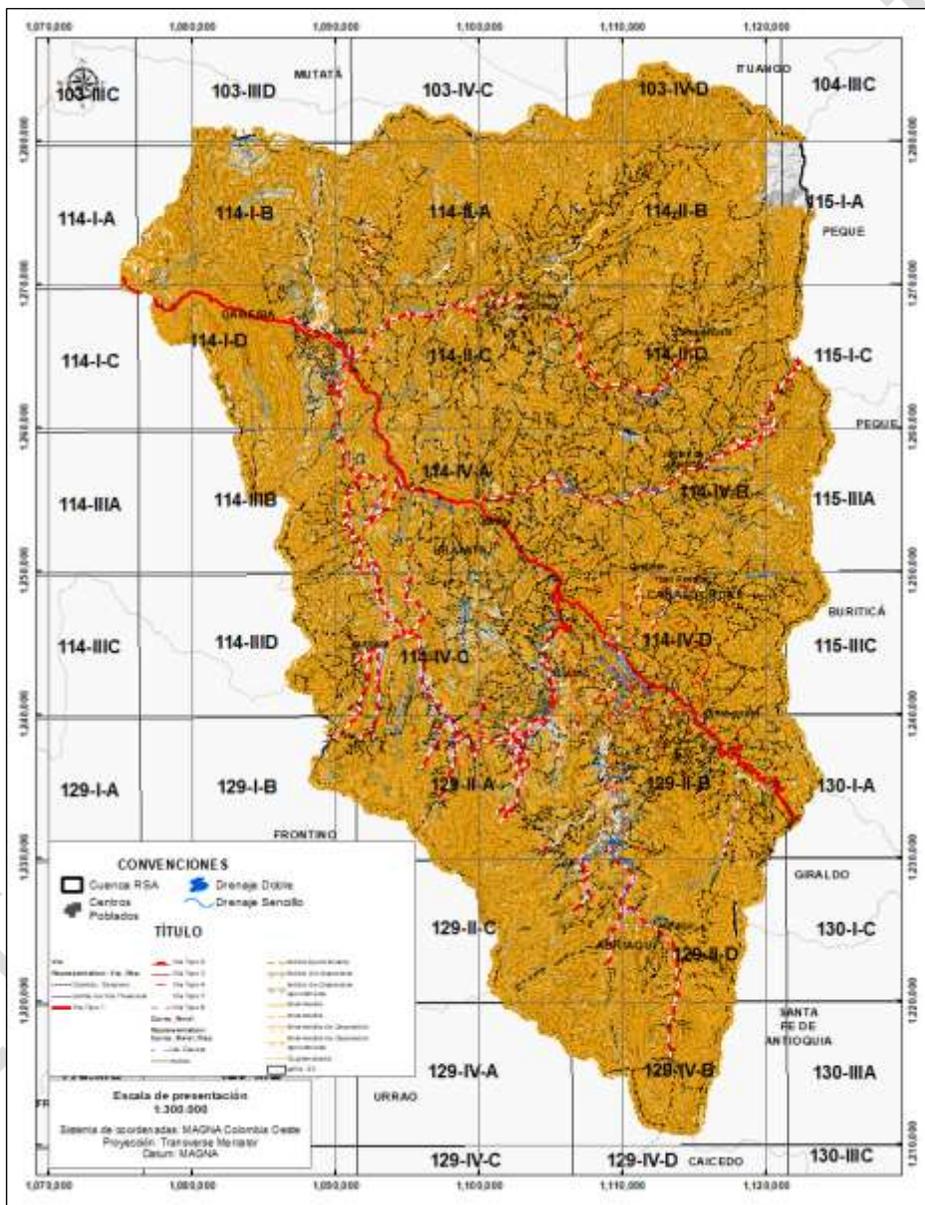
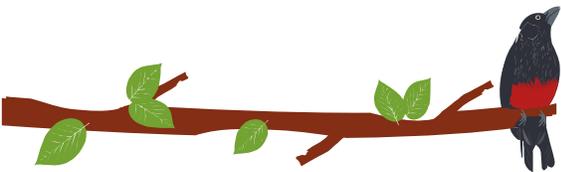


Figura 3. Mapa topográfico base a escala 1:25.000. Elaboración propia a partir de IGAC, 2010.



1.1.4.1.2 Sensores remotos

Los productos y técnicas de sensores remotos (imágenes de satélite, modelos de elevación y fotografías aéreas) permitieron la identificación de los elementos geomorfológicos y sus características a escala 1:25.000, la aplicación de diferentes tipos de restauración, realce y transformación de imágenes en una serie de pasos que ayudaron en la visualización de los rasgos geomorfológicos del área.

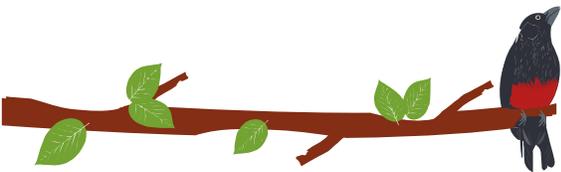
Las imágenes de satélite utilizadas fueron dos (2) imágenes del sensor Lansat TM 8, las cuales cubren el área total de la cuenca (Figura 4).

Las imágenes Landsat TM 8 se utilizaron en el análisis de escala regional por sus características de longitudes de onda, las cuales están más relacionadas con el uso y cobertura de la tierra, su utilidad se refleja en la delimitación de las zonas aluviales y los movimientos en masa, a través de diferentes composiciones multiespectral que resaltan la vegetación y las estructuras geológicas con la combinación de las bandas espectrales 457 o 453.

La respuesta de la vegetación a la humedad apreciada en las imágenes Landsat TM 8 ayudo a diferenciar las geoformas de las llanuras de inundación (Fa), la clasificación generada a este nivel sirvió para subdividir los grandes ambientes morfogenéticos, es decir identificar las unidades a nivel de subambientes tales como las llanuras de inundación (Fi) y las terrazas aluviales (Ft) e inclusive al nivel de unidades geomorfológicas tales como Terrazas aluviales alta (Ft3), media (Ft2) y baja (Ft1), clasificaciones que fueron confrontadas con los modelos de elevación/pendientes para afinar su interpretación.

1.1.4.2 Fotografías aéreas pancromáticas y a color a diferentes escalas

La utilidad de las fotografías aéreas (Figura 5 y Figura 6), se ve reflejada en la identificación de los movimientos en masa relacionados con la actividad neotectónica y fluvial, a través de un método analítico de interpretación de imágenes con la siguiente secuencia: 1) Modelo de elevación/pendientes, 2) Sinergismo Landsat/ Sombras y 3) Complementación de fotointerpretación tradicional con aerofotografías.



PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA RÍO SUCIO ALTO
FASE DE DIAGNÓSTICO

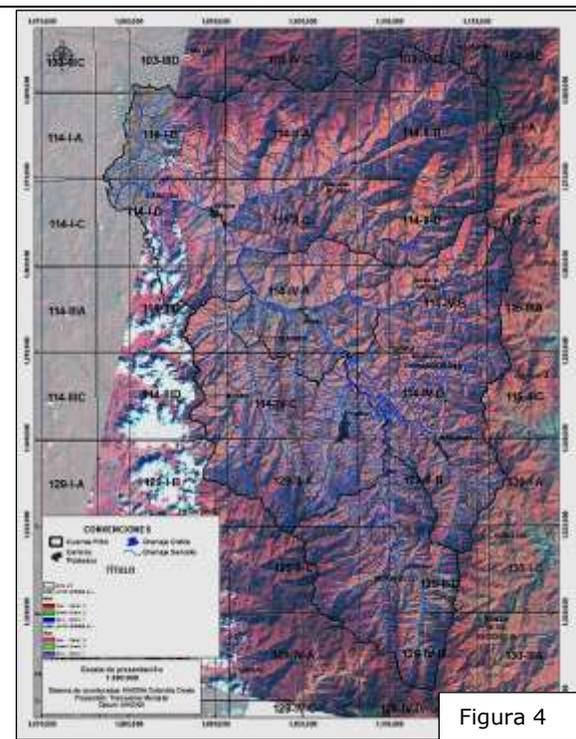


Figura 4

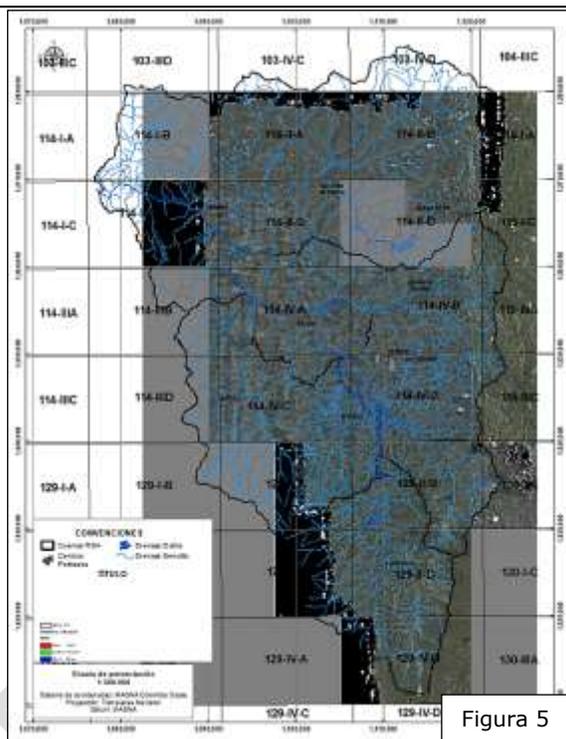
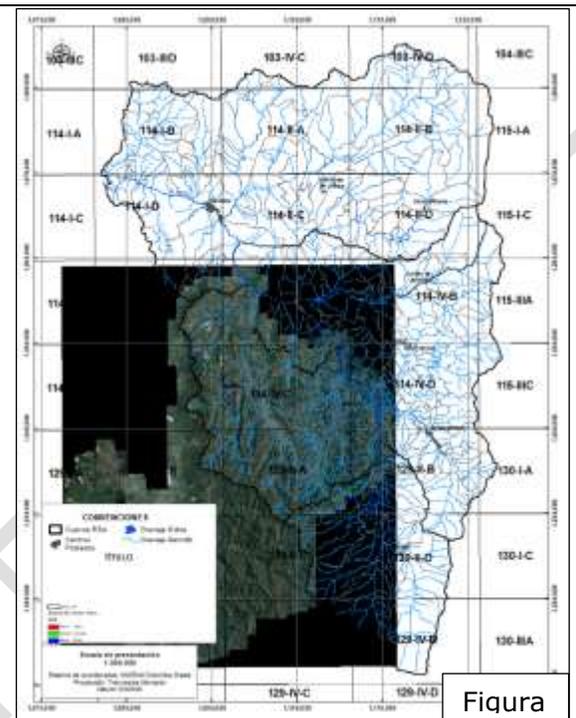


Figura 5

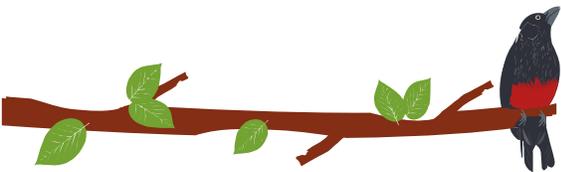


Figura

Figura 4. Mosaico de las Imágenes de satélite Landsat TM 8, elaboración propia a partir de <https://glovis.usgs.gov/app>

Figura 5. Cubrimiento con ortofotos del área de la cuenca del Río Sucio Alto. elaboración propia a partir de Gobernación de Antioquía.

Figura 6. Cubrimiento del área del municipio de Frontino con ortofotos. elaboración propia a partir de Municipio de Frontino, Antioquía.



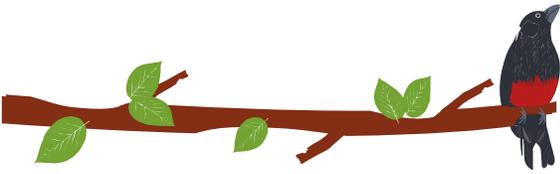
1.1.4.2.1 Modelos Digitales de Elevación (DEM)

Otro procedimiento utilizado en el tratamiento de imágenes y que facilitó la visualización de las geoformas es la generación de sinergismos entre las composiciones y modelos generados con el DEM, por ejemplo, los modelos de sombras o el de pendientes.

Los modelos digitales de elevación (DEM), representan el relieve y muestra la expresión de las pendientes, la elevación está representada como pixeles con resolución 12,5m x 12,5 metros para la escala 1:25.000. Los modelos digitales de elevación, se utilizaron para generar mapas de sombras, en donde se aprecia mejor, la configuración del relieve en tres dimensiones (Figura 7 y

Figura 8).

La interpretación regional, se hizo con la ayuda del DEM a través del modelo de pendientes (Figura 9) resaltado los rasgos morfológicos principales y las tendencias del relieve (montañas y valles aluviales), definiendo los ambientes morfogenéticos generales, tales como: Estructural (S), Fluvial (F), Denudacional (D) y Antrópico (A), hasta los niveles de subambientes morfogenéticos, completados con la información del mapa geológico.



PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA RÍO SUCIO ALTO
FASE DE DIAGNÓSTICO

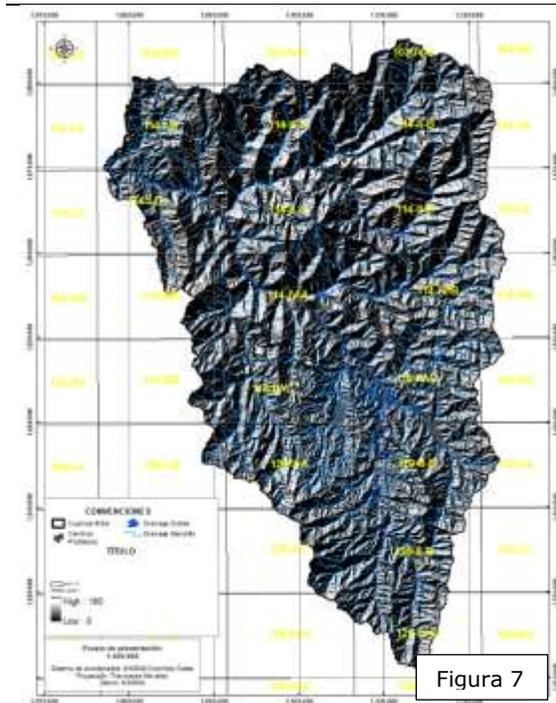


Figura 7

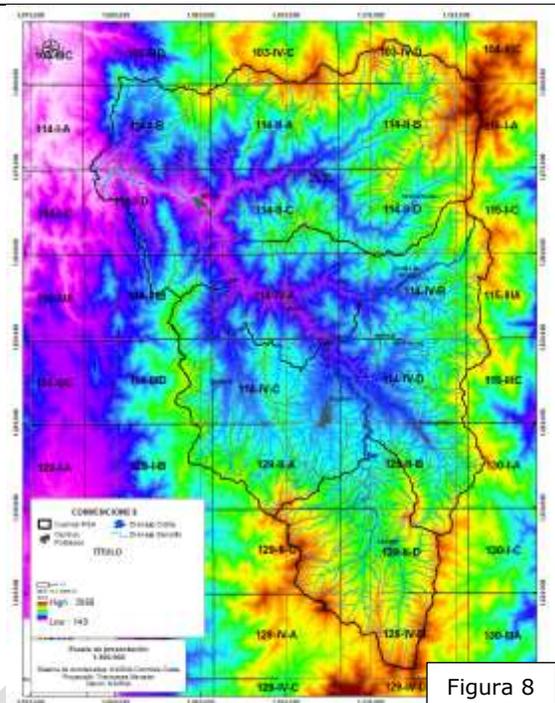


Figura 8

Figura 7. Modelo de sombras en tono de grises, derivado del modelo digital del terreno de 12.5mX12.5m de resolución sobre el área de la cuenca. elaboración propia a partir de Modelo DEM ALOS_PALSAR, 2012.

Figura 8. Rangos de altura de la cuenca Río Sucio Alto. elaboración propia a partir de DEM ALOS-PALSAR 2012.

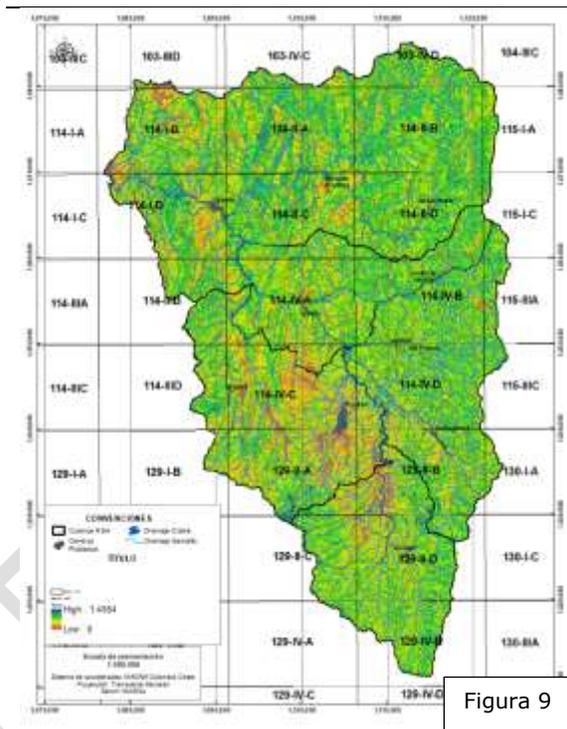
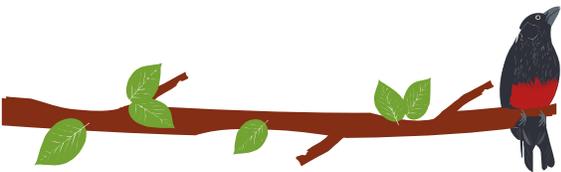


Figura 9

Figura 9. Mapas de pendiente en grados derivados del DTM de 12.5mX12.5m de resolución, para visualizar los ambientes morfogenéticos en la cuenca elaboración propia a partir de Modelo de elevación ALOS_PALSAR, 2012.



1.1.4.2.2 Constitución de la base de datos

La información, que por su naturaleza y pertinencia fue georreferenciada en una plataforma SIG. Para la adecuación, operación y aplicación de la base de datos se propone seguir las pautas y normatividad del IGAC-ICDE (Instituto Geográfico Agustín Codazzi; Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales) y los lineamientos empleados por el IDEAM en cuanto a la organización y almacenamiento general de la información geoespacial. En primera medida, se estableció las planchas topográficas 1:25.000 del IGAC como la fuente primaria para la constitución de la base de datos. La cartografía base provee información cartográfica como son: topografía (curvas de nivel), hidrografía (red de drenaje, cuerpos de agua) e infraestructura (vías, poblaciones, construcciones). Esta información se encuentra georreferenciada y configurada según los estándares nacionales (sistema MAGNA-SIRGAS) y se conservan los parámetros como base espacial primordial para la elaboración del mapa geomorfológico.

1.1.4.3 TRABAJOS DE FOTOINTERPRETACIÓN

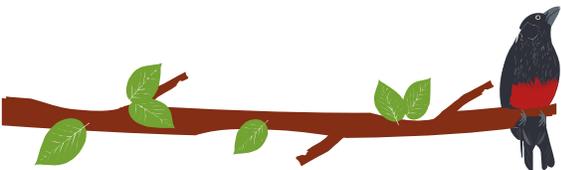
La interpretación de las fotografías aéreas digitales, imágenes de satélite Landsat TM 8, DEM, condujo a la delimitación de las unidades geomorfológicas. Durante el proceso de interpretación de los diferentes insumos, para la elaboración del mapa geomorfológico, se definieron y delimitaron las unidades y subunidades geomorfológicas, identificación de los patrones de drenaje y su relación con el control estructural sobre las geoformas y al mismo tiempo determinar su incidencia en la estabilidad e inestabilidad de las laderas por los cambios de pendiente y su relación con los movimientos en masa y la erosión de acuerdo con la presencia o ausencia de vegetación. Se analizaron los cambios litológicos y su comportamiento de acuerdo con la exposición de las geoformas desarrolladas sobre las distintas estructuras geológicas, según la orientación de rumbos y buzamientos de los estratos y su relación con el tipo de pliegues desarrollados, expresión geomorfológica, en particular, si se presentan fallas o lineamientos que ejercen control en las unidades geomorfológicas cartografiadas.

En esta fase se interpretaron dos (02) Imágenes de satélite Landsat TM 8, con resolución de 15 metros, también, se interpretó un mosaico de ortofotos a color disponible en el Geoportal de la Gobernación de Antioquia y una ortofoto a escala 1:10.000, perteneciente al municipio de Frontino (sector sur occidental).

El uso de la información geológica, fue importante en esta fase, ya que se pudo identificar la relación existente entre las unidades litológicas y su expresión geomorfológica con el ambiente de formación y el control estructural de las unidades geomorfológicas, que no solo se refleja en la litología, sino en su expresión geomorfológica, controladas por las estructuras plegadas y falladas.

Con la fotointerpretación, se identificaron los procesos morfodinámicos, delimitando los movimientos en masa presentes en la cuenca, especialmente los más pequeños que fueron interpretados como: "Golpe de cuchara", sobre las fotografías aéreas de escala 1:10.000, representados como puntos sobre el mapa, según la simbología utilizada en la metodología del (Servicio Geológico Colombiano, 2014). También se analizaron las características morfológicas con cambios súbitos de pendiente entre cóncava y convexa; si había evidencias de antiguos desprendimientos, en forma rectilínea o semicircular o si había laderas con pendientes escalonadas, relieves irregulares con formación de ondulaciones. Presencia de cobertura de vegetación de protección o si ésta vegetación era escasa y desordenada; o si, se presentaban cambios en la cobertura vegetal, con zonas de vegetación menos abundante, (manchas elongadas y claras).





Como resultado del proceso de fotointerpretación, se obtuvo un mapa geomorfológico preliminar de unidades geomorfológicas a escala 1:25.000 como documento básico de apoyo para su comprobación y complementación con las observaciones realizadas durante la fase de campo.

Para el entendimiento de esta memoria explicativa, es pertinente definir los ambientes morfogenéticos agrupados teniendo en cuenta las condiciones físicas, químicas, bióticas y climáticas bajo las cuales se formaron las geoformas. Estos ambientes se describen brevemente en la Tabla 1.

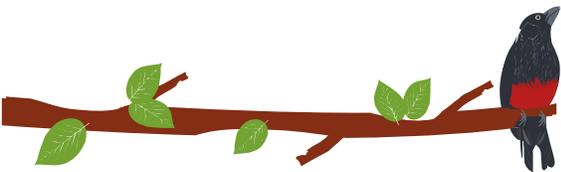
Tabla 1. Ambientes morfogenéticos. Tomado de (Verstappen & Van Zuidam, 1992) y (SGC, 2012).

AMBIENTE	DESCRIPCIÓN	COLOR
Morfoestructural	Comprende geoformas generadas por la dinámica interna de la tierra, especialmente las asociadas a plegamiento y fallamiento, y geoformas originadas por la actividad tectónica activa que se ha prolongado durante el Cuaternario (ambiente neotectónico).	Púrpura
Volcánico	Abarca las regiones donde se generan geoformas volcánicas por extrusión de materiales fundidos procedentes del interior de la tierra.	Rojo
Denudacional	Determinado principalmente por procesos de meteorización, procesos erosivos hídricos y fenómenos de transposición o de remoción en masa que actúan sobre las geoformas pre-existentes.	Marrón
Fluvial	Está conformado por geoformas generadas por procesos relacionados con la actividad fluvial.	Azul
Marino profundo y costero	Reúne las geoformas construidas por la actividad de las corrientes marinas y el oleaje costero del mar.	Verde
Glaciar	Definido por geoformas originadas por la acción glacial, tanto de los casquetes polares como en altas montañas.	Gris
Eólico	Comprende geoformas formadas por la acción del viento, como agente modelados del paisaje en zonas desérticas principalmente.	Amarillo
Kárstico	Agrupar las geoformas que son producto de la meteorización y dilución de rocas y materiales fácilmente solubles en ambientes húmedos y cálidos, tales como calizas y sal.	Naranja
Antropogénico y/o biológico	Conformado por geoformas originadas por la actividad del hombre, la cual modifica la superficie del terreno.	Negro

Fuente: elaboración propia

En cuanto a la nomenclatura de las unidades geomorfológicas, se ajustó a lo establecido en los estándares propuestos por Carvajal, 2012; SGC, 2012 a nivel de unidades y subunidades geomorfológicas, basada en la simbología definida por (VERSTAPPEN, 1992), en donde la primera letra identifica el ambiente morfogenético definido para la Unidad así: Denudativo (D), Estructural (S), Fluvial (F), Antropogénico (A). La segunda y tercera letra identifica las iniciales del nombre de la unidad o subunidad de acuerdo con su ambiente morfogenético, y se representa en el mapa mediante códigos de colores, lo mismo que los utilizados en la leyenda respectiva. En la definición de los colores para las unidades geomorfológicas, se usaron los códigos (RGB) de colores utilizados por el Servicio Geológico Colombiano para la clasificación de las unidades según los ambientes morfogenéticos representados en los mapas y la leyenda.





Según la metodología sugerida en el Protocolo, los sistemas jerárquicos combinan las categorías morfoestructurales relacionadas con los procesos endógenos con los ambientes morfodinámicos de los procesos exógenos. Se priorizan los procesos morfoestructurales relacionados con los procesos tectónicos formadores del relieve, seguido por los diferentes modelados para cada tipo de ambiente presentes en la cuenca. Un ambiente morfogenético, agrupa las condiciones físicas, químicas, bióticas y climáticas bajo las cuales se formaron las geoformas. Los ambientes morfogenéticos para la cuenca Río Sucio Alto, se agrupan en:

Ambiente morfoestructural: corresponde a las geoformas generadas por la dinámica interna de la tierra, especialmente las asociadas a plegamientos y fallamientos. Incluye el ambiente geotectónico (geoformas originadas por la actividad tectónica activa y que se ha prolongado durante el Cuaternario). El color utilizado en la cartografía para estos paisajes es el púrpura.

Ambiente denudacional: determinado por la actividad de procesos de meteorización, y predominantemente de procesos erosivos hídricos y de fenómenos de transposición o de remoción en masa actuantes sobre geoformas pre-existentes. Para este tipo de regiones el color adoptado es el marrón.

Ambiente fluvial: corresponde a las geoformas generadas por los procesos relacionados con la actividad fluvial. Se propone el color azul para estas regiones.

Ambiente antropogénico y/o biológico: morfologías formadas por la actividad del hombre que modifica la superficie del terreno. Geoformas cartografiadas en tramas de color negro.

1.1.4.4 JERARQUIZACIÓN GEOMORFOLÓGICA

Los procesos geomorfológicos, así como las características morfoestructurales del área, son el resultado de los diferentes procesos tectónicos, sumado a procesos exógenos que terminaron de modelar el relieve en esta zona hacia finales del Holoceno cuando terminó la Orogenia Andina.

El ambiente morfogenético, en el cual se modelaron las geoformas presentes en el área está asociado a las condiciones físicas, químicas, bióticas y climáticas.

El rango altitudinal presente en el área (269 msnm hasta los 3757 msnm), es un factor determinante en la caracterización morfodinámica, lo que evidencian las distintas geoformas. Con ayuda del DEM, se definieron las unidades geomorfológicas para la cuenca.

Según Carvajal, (2012) la jerarquización está relacionada con la escala de trabajo (de menor a mayor escala) y según el nivel de detalle del estudio. En este sentido considera varios niveles desde lo regional a lo local, conservando siempre el siguiente orden: Geomorfoestructura, la Provincia, Región, Unidad, Subunidad y componente, (Figura 10), 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.



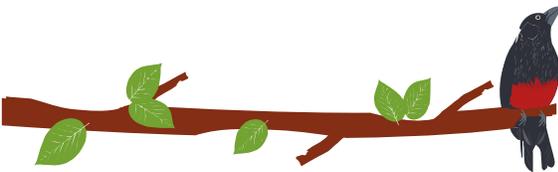


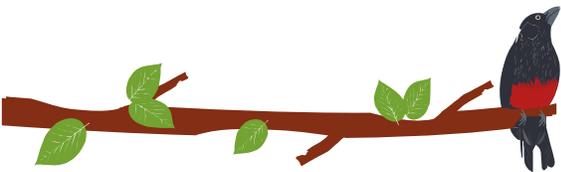
Figura 10. Esquema de jerarquización geomorfológica. elaboración propia a partir de (CARVAJAL; SGC, 2012)

La identificación de las formas del relieve, normalmente se ha basado en su génesis, la morfología, la morfogénesis y los mecanismos de generación, difícilmente se pueden separar. Las geoformas, deben ser representadas de tal manera, que su origen y desarrollo sean claramente reconocibles. En la Tabla 2, se presenta las características de nomenclatura en las jerarquías geomorfológicas propuestas.

Tabla 2. Visión de la Jerarquización geomorfológica propuesta y aspectos generales de la nomenclatura y la relación entre geoformas en cada división o categoría para la cuenca Río Sucio Alto.

Geomorfo Estructural	Provincia	Región	Unidades	Subunidades	Componentes
Sistema Orogénico Andino	Cordillera Occidental	Ambiente Denudacional (altiplano Frontino-Urrao)	Inselbergs Glacis Cerros Residuales	Glacis erosión Deslizamientos Ladera denudada Conos de deslizamientos	Barrancos Escarpes Coronas de deslizamientos
		Ambiente Fluvial Llanura Aluvial	Llanura de Inundación Abanico Fluvial Terrazas Fluviales	Basines Terrazas Fluviales Deltas de Desbordes Deltas Lagunares Barras	Orillares Escarpes Terrazas Albardones Causas





		Ambiente Estructural Serranías Estructurales	Sierras Homoclinales Sierras Anticlinales Espinazos Cuestas	Laderas Estructurales Laderas de Contrapendientes Cornisas Estructurales	Escarpes de Fallas Facetas Triangulares Lagos de Falla Trincheras de Fallas

Fuente: Elaboración propia a partir de (Carvajal, 2011).

La **Geomorfoestructura**, se relaciona con la evolución tectónica que ha tenido lugar en la cuenca, es decir los procesos endógenos o internos que dieron origen al macro relieve (Cordilleras, Orógenos o Cuencas), sobre el cual ha actuado y evolucionado las distintas geoformas en función de la morfodinámica (modelado externo), es decir los procesos geomorfológicos exógenos

La **provincia**, tiene que ver con el macro-relieve presente y las características geológicas similares predominantes en el área de la cuenca, en este caso (Cordillera Occidental).

La **Región**, está relacionada con los ambientes morfogenéticos predominantes, en condiciones climáticas homogénea, sobre materiales litológicos similares, se identificaron los siguientes ambientes morfogenéticos, (Estructural, Denudacional, Fluvial y Antrópico).

La **unidad geomorfológica**, representa a cada una de las formas individuales originadas a partir de los distintos procesos geológicos y geomorfológicos específicos que se pueden presentar a escala 1:25.000, (se separaron las distintas unidades por cada ambiente morfogenético).

La **subunidad**, se definen como la subdivisión menor hecha sobre una unidad geomorfológica delineada, de acuerdo con los contrastes morfológicos y morfométricos asociados con ciertos tipos de materiales geológicos consolidados (las rocas en los Espinazos) y en los depósitos no consolidados como (sedimentos de las terrazas), que fueron separados para la escala 1:25.000 (Figura 11). Para su representación y espacialización en el mapa, solo se tuvieron en cuenta, las subunidades geomorfológicas. Interpretadas y asociadas a: Espinazos, Sierras homoclinales, Sierras sinclinales, los glaciés y las terrazas; donde se dividieron en subunidades geomorfológicas, tal como se puede ver en la estructura de la leyenda del mapa geomorfológico final y en la respectiva Geodatabase.

El **Componente**, se refiere al máximo nivel de detalle que se puede hacer de una subunidad geomorfológica para una escala 1:10.000 o mayor. De acuerdo a lo anterior y para los propósitos de la elaboración del mapa geomorfológico a escala 1:25.000, solo se consideró hasta la categoría de subunidad y, por lo tanto, no se identificaron, ni se espacializaron componentes.



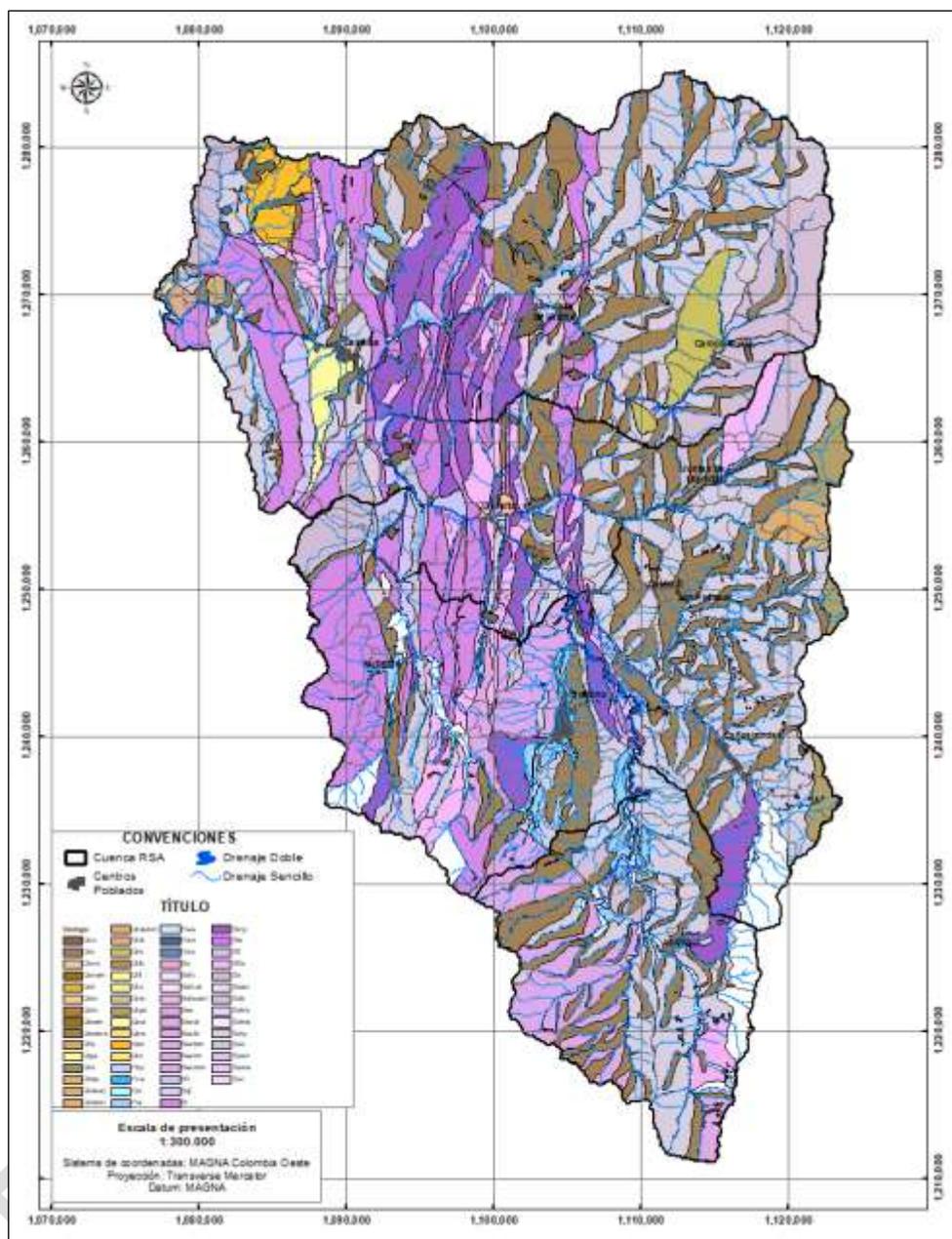
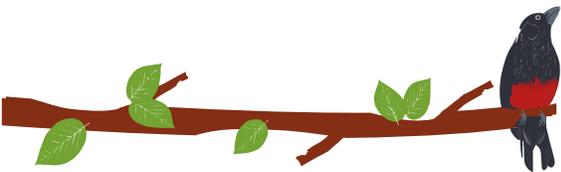
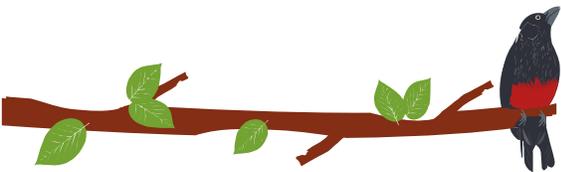


Figura 11. Unidades geomorfológicas identificadas en la Cuenca Río Sucio Alto. Elaboración propia

1.1.4.5 CORROBORACIÓN DE UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS (TRABAJO DE CAMPO)

En los levantamientos geomorfológicos, se recomienda el desarrollo de un trabajo de campo que incorpore tanto el reconocimiento general como el levantamiento semidetallado de las geoformas identificadas durante la fase de fotointerpretación. Los aspectos para tener en cuenta incluyen: morfología general, depósitos superficiales, sustrato rocoso, procesos morfodinámicos activos y cobertura y suelo superficial. Como





en la mayoría de los levantamientos de recursos naturales, las observaciones de campo no requieren de un chequeo individual por cada unidad foto-interpretada sino la posibilidad de extrapolación de los conceptos y atributos de unidades representativas a unidades similares. Durante la etapa de observación, se diferenciaron los rangos de pendiente regional de la geoforma y las variaciones locales que pueden indicar procesos locales de erosión o deformación, la composición de los depósitos superficiales, precisar tanto la composición de los clastos como su redondez, estructura y la relación entre la matriz y los clastos, la composición da información sobre la procedencia de los materiales y la redondez es un buen indicador del tiempo y distancia que han sido transportado los sedimentos mientras la relación de matriz vs grano es un buen indicio del ambiente de transporte, es decir, fluvial, torrencial o flujos de escombros. La presencia de un sustrato rocoso en contacto con los depósitos superficiales también aporta información sobre la génesis de las geoformas. El contacto inferior de los depósitos proporciona datos sobre el espesor de los mismos como también la posible incorporación de material local. Los procesos morfodinámicos activos sobre las geoforma también fueron documentados, tales como la presencia de erosión laminar, cárcavas, solifluxión o deslizamientos activos o recientes. Los fenómenos de desborde e inundación se incluyeron, al igual que los procesos de sedimentación de los cauces y la divagación reciente de esos. Finalmente, se registró el desarrollo relativo de los suelos y meteorización superficial de los depósitos superficiales, los cuales son buenos indicadores de la edad relativa de las geoformas y las condiciones ambientales que han afectado las geoformas.

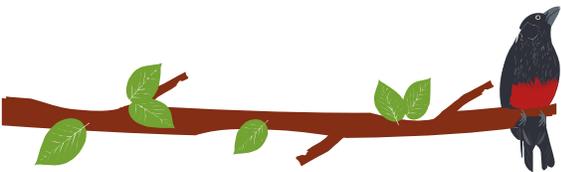
El trabajo de campo se llevó a cabo en el período comprendido entre el 20 de junio y el 11 de julio de 2018, con una comisión de dos Geólogos, quienes adelantaron la verificación de las unidades geomorfológicas interpretadas en el mapa preliminar. Durante los recorridos efectuados en el campo, se tomaron las fotografías panorámicas y puntuales, junto con la medición de datos estructurales. Se efectuó la toma de puntos de coordenadas con GPS, en las Estaciones y puntos de control morfodinámicos, para complementar las descripciones y observaciones realizadas durante los diferentes recorridos efectuados y previamente seleccionados en la oficina.

Una vez verificadas las unidades interpretadas y descritas durante los recorridos preseleccionados en el campo, se procedió a efectuar la incorporación de la información colectada y relacionada con las características morfogenéticos, morfológicas, morfométricas y morfodinámicos, no incluidas en la fase preliminar de la fotointerpretación, donde se identificaron y se clasificaron las distintas unidades geomorfológicas desarrolladas sobre las principales estructuras geológicas que conforman el sistema montañoso.

La información colectada en campo, fue registrada en la libreta y en los formatos diligenciados durante la fase de campo, la cual fue posteriormente incorporada al mapa geomorfológico final, junto con los datos, que no se habían incluido en la leyenda preliminar. Los formatos de campo utilizados, fueron tomados de los formatos adoptados por el Servicio Geológico Colombiano (Servicio Geológico Colombiano, 2017).

Durante el trabajo de campo, se hicieron observaciones en puntos previamente seleccionados en los recorridos programados desde la oficina y fueron nombrados como Estaciones, identificadas con las letras iniciales del profesional de campo seguido de un número consecutivo (GJAM-000) a lo largo de los recorridos efectuados y en sitios seleccionados que presentaban la mejor vista para la toma de las fotografías en el campo y lograr las mejores secciones en el terreno y la toma de datos en los puntos de control de coordenadas, identificados con dos letras y un número consecutivo.





colectada y relacionada con las características morfogenéticas, morfológicas, morfométricas y morfodinámicas.

1.1.5 ELABORACIÓN FINAL DEL MAPA GEOMORFOLÓGICO

En ésta última fase del proceso y previo los ajustes posteriores al trabajo de campo, se procedió a la elaboración del mapa geomorfológico final, revisando la respectiva Geodatabase y las tablas de la leyenda, para cumplir así con la revisión. Una vez revisadas las tablas y una vez concebida la elaboración jerárquica de la leyenda, se asignaron los colores respectivos y se editaron los diferentes símbolos del mapa geomorfológico final.

Una vez finalizada la edición final del mapa, se procedió a la elaboración de la memoria técnica que acompaña al mapa geomorfológico. Dicha memoria contiene la información sobre la identificación, descripción y caracterización de las unidades geomorfológicas interpretadas y delineadas de acuerdo con la clasificación y según los ambientes morfogenéticos existentes y representados en los mapas.

1.1.5.1 SISTEMAS DE TERRENO EN EL AREA DE ESTUDIO

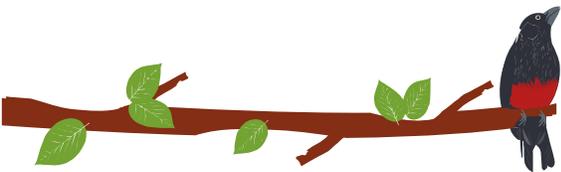
Los sistemas predominantes de terreno en el área de estudio, se desarrollan sobre potentes secuencias de rocas sedimentarias e ígneas intrusivas y extrusivas, y depósitos cuaternarios que en su conjunto conforman la geología del área de la cuenca del Río Sucio Alto, cubierta por las planchas geológicas, 114 – Dabeiba (Rodríguez, Zapata, & Gomez, 2013), 129 – Cañas Gordas (González & Londoño, 2003) se han tomado como base y material de soporte en la identificación de las unidades geomorfológicas; la información geológica se complementa con las planchas 103 – Mutatá, 104 – Ituango, 115 – Toledo (Hall R. , Álvarez, Rico, & Vasquez, 1970) y 130 – Santa Fe de Antioquia (Mejía M. , Geología y Geoquímica de las planchas 130 (Santa Fe de Antioquia) 146 (Medellín Occidental), 1984).

Los sistemas geomorfológicos regionales interpretados en jurisdicción de la Cuenca del Río Sucio Alto, incluye los siguientes Sistemas: 1) El Sistema Montañoso se encuentra desarrollado sobre rocas sedimentarias, ígneas extrusivas e intrusivas, asociadas con posible metamorfismo de contacto y sedimentos cuaternarios. Las unidades principales corresponden a bloques tectónicos de sedimentitas que predominan hacia el E, diabasas y basaltos intercalados con sedimentitas en la parte central, y hacia el W predominio de plutones y stocks distribuidos irregularmente conformadas por el Grupo Cañasgordas Álvarez y González (1978), el cual presenta una unidad basal, Formación Barroso o Vulcanitas del Barroso, y constituye la unidad litológica más antigua en la Cordillera Occidental; representan un intenso vulcanismo oceánico básico, de finales del Cretáceo temprano al Cretáceo tardío (Etayo, y otros, 1983) sobre el cual se depositaron sedimentos turbidíticos del Cretáceo Superior, Miembro Urrao y bioquímicos del Cretáceo superior al Paleoceno, correspondientes al Miembro Nutibara. 2) El sistema de los valles aluviales estrechos, asociados a los principales ríos que drenan el área de cuenca se conectan con los diferentes niveles de terrazas y los abanicos-terrazza coalescentes que forman parte del sistema de la planicie aluvial. Los diferentes sistemas de terreno, contienen a las principales unidades y subunidades geomorfológicas cartografiadas a escala 1:25.000 de acuerdo con los ambientes morfogenéticos predominantes identificados según la metodología empleada (CARVAJAL; SGC, 2012).

1.1.5.1.1 Características geomorfológicas y descripción de unidades

La cuenca Río Sucio Alto, se localiza en la parte terminal NW de la geomorfoestructura del cinturón orogénico de los Andes colombianos, comprende el núcleo y la vertiente





Oeste de la Cordillera Occidental, caracterizada por una topografía montañosa, quebrada, de ríos encañonados con pequeños valles intracordilleranos aislados y controlados por la tectónica de la región (Servicio Geológico Colombiano, 2015). Fisiográficamente en la cuenca se aprecia dos regiones distintas a saber:

Región 1: montañosa moderada, caracterizado por sierras estructurales, lomos y sierras de presión y sierras denudadas, con alturas que van entre los 12000 y los 2300 msnm, separadas por ríos encañonados que hacen parte de la cuenca del Rio Sucio.

Región 2: localizada al E de la falla de la Herradura, la cual marca el cambio morfológico entre el relieve montañoso medio denudado de las diabasas y basaltos del Barroso y de Chert y calizas del Nutibara a litoarenitas al W y el relieve montañoso alto de la Formación de Urrao al E, de relieve montañoso alto, con alturas que pueden alcanzar los 3800 msnm.

En la cuenca se identificaron cuatro ambientes morfogenéticos: estructural, denudacional; fluvial y antrópico. Sobre las regiones oriental predomina geoformas de origen estructural mientras que, en la región occidental, predominan geoformas de origen denudacional.

1.1.5.1.1.1 Ambiente denudacional

Se incluyen las geoformas cuya expresión morfológica está definida por la acción combinada de procesos moderados a intensos de meteorización, erosión y transporte de origen gravitacional y pluvial que han remodelado y dejado remanentes de las geoformas preexistentes y además crean nuevas por acumulación de sedimentos.

Cono y lóbulo coluvial y de soliflucción (Dco)

Superficie en forma de cono o de lóbulos alomados bajos. Se originan por procesos de transporte y depósito de materiales sobre las laderas y por efecto de procesos hidrogravitacionales, en suelos saturados y no saturados (Figura 13). Están constituidos por bloques y fragmentos heterométricos, embebidos en una matriz generalmente arcillosa a arena limo arcilloso. Esta geoforma se presenta especialmente hacia el centro de la cuenca en una franja NS, asociada con el intenso fallamiento de esta zona en rocas ígneas tipo diabasas y basaltos de La Formación San José Urama y rocas sedimentarias tipo chert y calizas de la Formación Nutibara, muy fracturadas (SGC, MEMORIA EXPLICATIVA DEL MAPA GEOMORFOLÓGICO APLICADO A MOVIMIENTOS EN MASA ESCALA 1:100.000 PLANCHA DE LA PLANCHA 114 DABEIBA DEPARTAMENTOS DE ANTIOQUIA Y CHOCO, 2015).



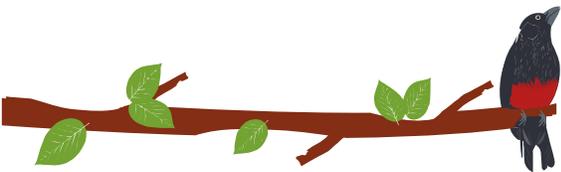


Figura 13. Cono y lóbulo coluvial y de solifluxión (Dco), en los cuales se observa el escarpe o zona de inicio (e) del deslizamiento, cuerpo o zona de depósito (d). Estación GJAM-07, cuyas coordenadas son: N1233885, E1121241. Elaboración propia

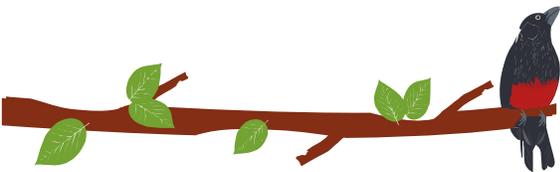
Cono de talus (Dct)

Esta subunidad posee una forma de cono o lóbulo localizado a la base de un escarpe. La longitud de su ladera es corta, cóncava hacia la parte distal. Su origen está relacionado a procesos de acumulación mecánica de bloques y fragmentos angulares que se desprendieron de las partes altas (Figura 14).



Figura 14. Cono de talus (Dct), en los cuales se observa la acumulación de bloques. escarpe o zona de inicio (e) del deslizamiento, cuerpo o zona de depósito (d). Estación GJAM-18, cuyas coordenadas son: N 1255644, E 1111860. Elaboración propia.





Cono o lóbulo de deslizamiento rotacional (Ddrt)

Estructura en forma de cono o lóbulo con morfología alomada baja, de longitud muy corta a corta, irregular localmente escalonada, muy inclinada a abrupta y lobulada en su parte distal (Figura 15). Su origen está relacionado a la acumulación de tierra y bloques en diferentes tipos de matriz que se desplaza como pulsos sobre la ladera. Esta geoforma se encuentra en el centro W de la cuenca asociada a movimientos en masa a lo largo de la vía Uramita - Dabeiba y muy posiblemente provocados por la desestabilización de taludes durante la construcción de la vía, por lo cual la mayor parte de los depósitos asociados ya han sido removidos, no obstante que en muchos lugares se mantienen activos (SGC, 2015).



Figura 15. Deslizamiento rotacional estabilizado sobre la vía Dabeiba-Mutatá, en los cuales se observa la magnitud del mismo. Estación GJAM-23, cuyas coordenadas son: N 1267077, E 1087173. Elaboración propia.

Escarpe de erosión menor (Deeme)

Ladera abrupta o a desplome de longitud corta a larga, de forma cóncavo convexa y eventualmente recta, con pendiente escarpada a muy escarpada, originado por socavación fluvial lateral o por procesos de erosión y movimientos en masa remontantes a lo largo de un drenaje. En la cuenca estos escarpes se localizan a lo largo de drenajes corrientes menores especialmente en la parte centro oriental (SGC, 2015).

Desarrolla un patrón de drenaje paralelo a subparalelo, con un grado de incisión moderados a alto y valles en forma de "V" abierta (SGC, EAFIT, 2014).

La subunidad corresponde a una ladera abrupta o de desplome de longitud corta, con pendiente escarpada, originado por intervención antrópica (construcción de la vía) (Figura 16).

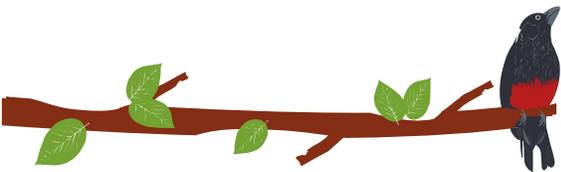


Figura 16. Escarpe menor sobre la vía Dabeiba-Mutatá, en los cuales se observa la corona de deslizamiento. Estación GJAM-02, cuyas coordenadas son: N 1253328, E 1092031. Elaboración propia.

Cono o lóbulo de flujo de detritos (Dlfd)

Estructura en forma de lóbulo y abanico con morfología alomada y aterrazada, de longitud muy larga a extremadamente larga, convexa, limitada por escarpes abruptos a muy abruptos. Su origen está relacionado a eventos fluvio torrenciales encauzados. Su depósito está constituido por bloques rocosos angulares a subredondeados de detritos y bloques embebidos en una matriz más fina. En la plancha se localizan como pequeños cuerpos que se originan en la parte superior de las microcuencas, sobre corrientes con régimen torrencial, tributarias del Rio Urama y Rio Sucio haciéndose muy delgados en la medida en que su material es transportado ladera abajo hasta desaparecer completamente (SGC, 2015). En la cuenca se localizan al NE, asociados a zonas de falla y cauces de ríos controlados estructuralmente (SGC, MEMORIA EXPLICATIVA DEL MAPA GEOMORFOLÓGICO APLICADO A MOVIMIENTOS EN MASA ESCALA 1:100.000 PLANCHA DE LA PLANCHA 114 DABEIBA DEPARTAMENTOS DE ANTIOQUIA Y CHOCO, 2015) (Figura 17).

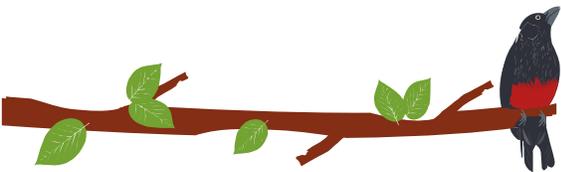


Figura 17. Flujos de detritos sobre la vía San José de Urama-Camparrusia. Estación GJAM-46, cuyas coordenadas son: N 1266055, E 1115105. Elaboración propia.

Cono o lóbulo de flujo de lodo y tierra (Dlfl)

Estructura en forma de lóbulo o flujo alomado, localmente aterrazado, con longitud corta a muy larga, altamente disectados, que se presentan siguiendo las hondonadas y drenajes fluviales. Localmente presenta diques marginales que limitan el cauce. Su origen es relacionado al transporte de materiales producto de la saturación del suelo. En la cuenca se presenta hacia el S (Abriaquí), como pequeños flujos de material suelto (Figura 18), sobre laderas de altas pendientes (SGC, 2015).

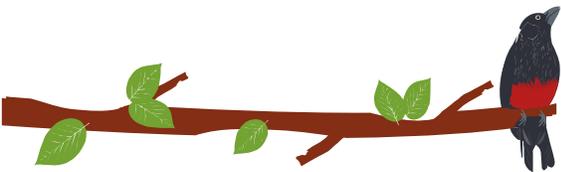


Figura 18. Flujos de lodo y tierra (DIFI) sobre la vía Abriaquí-Corcovado. Estación GJAM-37, cuyas coordenadas son: N 1265800, E 1114838. Elaboración propia

Lomo denudado (Dlde)

Son sistemas o conjuntos de lomos o filos ubicados a diferentes alturas; son formas alargadas en dirección perpendicular al drenaje principal. 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 (rocas vulcanosedimentarias de la Formación Santa Cecilia y Batolito del Botón) y de los procesos erosivos que lo han modelado (SGC, MEMORIA EXPLICATIVA DEL MAPA GEOMORFOLÓGICO APLICADO A MOVIMIENTOS EN MASA ESCALA 1:100.000 PLANCHA DE LA PLANCHA 114 DABEIBA DEPARTAMENTOS DE ANTIOQUIA Y CHOCO, 2015) se presenta, al sur de la cabecera urbana del Municipio de Frontino, donde se localiza la vereda Nancú, limitada por la Cuchilla Norte y la quebrada Limo y sus afluentes (SGC, EAFIT, 2014).

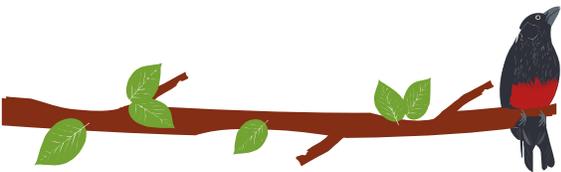
Lomo denudado alto de longitud larga (Dideal)

Son sistemas o conjuntos de lomos o filos ubicados a diferentes alturas; con índice de relieve relativo mayor que 1000 m y el eje principal tiene una longitud mayor que 1000 m; son formas alargadas en dirección perpendicular a la Quebrada Chachafrutal, al SE de la cuenca (SGC, MEMORIA EXPLICATIVA DEL MAPA GEOMORFOLÓGICO APLICADO A MOVIMIENTOS EN MASA ESCALA 1:100.000 PLANCHA DE LA PLANCHA 114 DABEIBA DEPARTAMENTOS DE ANTIOQUIA Y CHOCO, 2015).

Lomo denudado bajo de longitud larga (Dldebl)

Son sistemas o conjuntos de lomos o filos ubicados a diferentes alturas; con índice de relieve relativo menor de 250 m y la longitud del eje principal es mayor que 1000 m;





son formas alargadas en dirección perpendicular al drenaje principal. 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 (litoarenitas, limolitas y lodolitas de Urrao al E, areniscas, conglomerados y margas de la Formación Guineales, al NW y SW) y de los procesos erosivos que lo han modelado (Servicio Geológico Colombiano, 2015).

Ladera erosiva (Dle)

Corresponde a superficies del terreno de pendientes muy inclinadas a escarpadas, de longitudes moderadas a extremadamente largas, de formas planas, cóncavas (Figura 19) y convexas, patrón de drenaje típico dendrítico a subparalelo. Presenta procesos erosivos intensos como cárcavas, surcos y soliflucción, sobre materiales de suelo o roca muy meteorizada o fracturada. Estas laderas no necesariamente están asociadas a una geoforma mayor o una estructura. En la cuenca están muy relacionadas con corrientes controladas por trazo de fallas, por lo cual es de esperarse que existe un fuerte fracturamiento de la roca lo cual favorece el proceso erosivo (SGC, 2015).



Figura 19. Deslizamiento de gran magnitud presentado sobre un lomo denudado ubicado en el corregimiento de Camparrusia, municipio de Dabeiba, Antioquía. Estación GJAM-47, cuyas coordenadas son: N 1265800, E 1114838. Elaboración propia

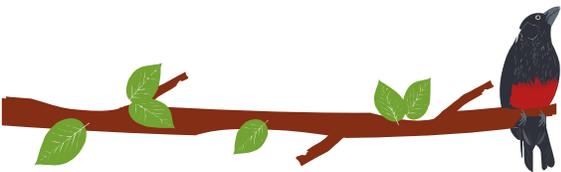
Lomeríos poco disectados (Dlpd)

Prominencias topográficas de morfología alomada o colinada, con cimas planas amplias y eventualmente redondeadas, de laderas muy cortas a cortas, de forma rectas ígneas (Formación Barroso) y eventualmente cóncavas y convexas, con pendientes inclinadas a muy abruptas, e índice de relieve muy bajo a bajo, se localiza al E de la cuenca (SGC, 2015).

Lomeríos de disectados (Dldi)

Prominencias topográficas de morfología alomada o colinada, con índice de relieve relativo moderados, con cimas redondeadas y amplias (Figura 20), de laderas de pendientes inclinadas a muy abruptas, de longitudes cortas a moderadamente largas,





de forma predominantemente cóncavas. Exhiben un patrón de drenaje subdendrítico, y son originadas por procesos de denudación intensos y cuyas laderas se caracterizan por la moderada disección, generando valles en "U" con fondo redondeado a plano. Esta unidad geomorfológica se asocia principalmente al sector noroeste de la cuenca, desarrollada sobre rocas sedimentarias de la Formación Guineales (Figura 20)



Figura 20. Lomeríos de disectados (Dldi) sobre sedimentos de la formación Guineales, vereda Alto Bonito, municipio de Dabeiba, Antioquía. Estación GJAM-47, cuyas coordenadas son: N 1268494, E 1078703. Elaboración propia

Pedimentos de acumulación (Dpa)

Superficie de acumulación de sedimentos de longitudes moderadamente largas, con inclinación de ladera suave a inclinada y de forma irregular, con formación de montículos redondeados. Presenta un patrón de drenaje subdendrítico, de densidad media y textura fina (SGC, 2015). Esta unidad geomorfológica se encuentra en el sector noroeste de la cuenca, desarrollada sobre rocas sedimentarias de la Sedimentitas de Beibaviejo (Figura 21).

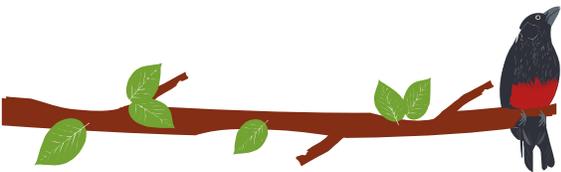


Figura 21. Pedimentos de acumulación (Dpa) sobre las Sedimentitas de Beibaviejo, vereda La Clara, municipio de Dabeiba, Antioquía. Estación GJAM-47, cuyas coordenadas son: N 1266405, E 1088439. Elaboración propia

Sierra desnuda (Dsd)

Prominencias topográficas de morfología montañosa y elongada de laderas largas a extremadamente largas, cóncavas a convexas, con pendientes muy inclinadas a abruptas, donde prevalecen procesos de erosión o de movimientos en masa acentuados. Su origen se asocia a procesos de erosión acentuada en sustrato rocoso homogéneo. En la cuenca esta geoforma se presenta especialmente al W relacionada con rocas ígneas del Basalto el Botón (SGC, 2015).

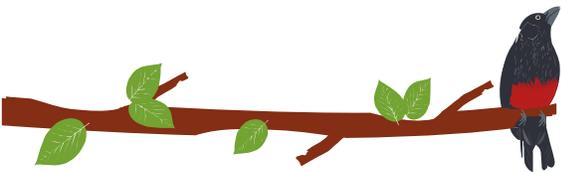
- Ambiente fluvial

Estas unidades geomorfológicas son originadas por procesos de erosión de las corrientes de los ríos y acumulación o sedimentación de materiales en las zonas aledañas a dichas corrientes, tanto en épocas de grandes avenidas e inundación, como en la dinámica normal de corrientes perennes, durante la época seca. De esta manera es posible encontrar geoformas aledañas a ríos y quebradas y en el fondo de los cauces, cuyos depósitos son transportados y acumulados cuando éstas pierden su capacidad de arrastre. En la zona de estudio se encuentran las siguientes unidades:

Cauce aluvial (Fca)

Canales de forma irregular excavados por corrientes perennes o estacionales, dentro de macizos rocosos y/o sedimentos aluviales y que, dependiendo de factores como pendiente, resistencia del lecho, carga de sedimentos y caudal, pueden persistir por grandes distancias. En la cuenca, en su mayoría, son de tipo encañonado, que van





disectando los macizos rocosos generando cauces estrechos y muy profundos (SGC, 2015) (Figura 23).

Plano o llanura de inundación (Fpa)

Franja de terreno plana, de morfología baja y ondulada eventualmente inundable que se distribuye a ambos lados de las principales corrientes de la plancha. En esta geoforma también se incluyen los planos fluviales menores en formas de "U" o "V" y conos coluviales menores, localizados en los flancos de los valles intramontanos de algunos ríos y quebradas de la cuenca (Figura 23 y Figura 22). En la cuenca las llanuras de inundación son bastante estrechas dada la naturaleza encañonada de los cauces. Se localizan en algunos tramos de los ríos río Verde, río Frontino y río Cañasgordas y río Urama, los cuales en algunos sectores han desarrollado pequeños valles (SGC, 2015).



Figura 22. Geoformas de origen aluvial, identificadas en el plano o llanura de inundación del río Herradura, vereda Corcovado municipio de Abriaquí, Antioquía, Estación GJAM-30, coordenadas N1224344, E1113145. Elaboración propia

Terraza de acumulación (Fta)

Unidad de morfología plana a suavemente ondulada, con índice de relieve bajo, de laderas moderadamente largas de aspecto irregular y modelada sobre sedimentos aluviales, que se presentan en forma paralela a lo largo del cauce de los ríos (Figura 23). Su origen está relacionado con procesos de erosión y acumulación aluvial dentro de las antiguas llanuras de inundación de las cuencas de los ríos La Herradura y Frontino, Q. Nobogá y río Uramita. La red de drenaje exhibe un patrón subparalelo, con una incisión incipiente y valles en "U" amplios (SGC, EAFIT, 2014). Se constituyen de gravas arenas, limos y arcillas, cuyo tamaño va disminuyendo a medida que se aleja del cauce del río (SGC, 2015).

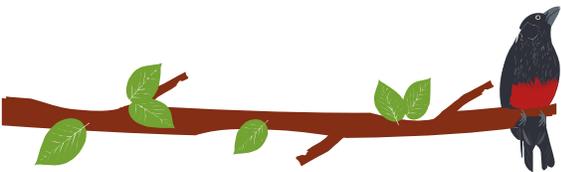


Figura 23. Geoformas de origen aluvial, identificadas en el plano o llanura de inundación del río Urama, Dabeiba, Antioquia, Estación GJAM-03, coordenadas N 1265369, E 1091009. Elaboración propia

Escarpe de terraza de acumulación (Ftae)

Ladera de inclinación muy abrupta a escarpadas, de longitud corta a moderadamente larga y aspecto rectilíneo, excavado sobre los sedimentos aluviales que definen la terraza de acumulación del río La Herradura (Figura 24), y cuyo origen está relacionado con la incisión y profundización de dicho cauce. La incisión del drenaje es alta, con un patrón subdendrítico y valles en "U" abierto. La red de drenaje exhibe un patrón subparalelo, con una incisión moderada y valles en "U" amplios. Se presenta en la zona central de la cuenca, en el sector conocido como La Meseta del corregimiento del Pontón, Municipio de Frontino (SGC, 2014).

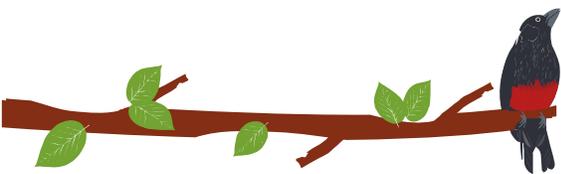


Figura 24. Geoformas de origen aluvial, identificadas en el plano o llanura de inundación del río Herradura, vereda Potreros, municipio de Frontino, Antioquia, Estación GJAM-42, coordenadas N1231263, E1109203. Elaboración propia

Terraza de acumulación antigua (Ftan)

Franja alomada de varios kilómetros de extensión, en forma de abanico ampliamente explayado, de laderas moderadamente largas, con formas cóncavas y convexas, pendientes suaves a inclinadas. Se caracterizan por presentar pendientes de 5° a 10° en las partes altas, limitadas por escarpes de disección en forma de "V" amplia que localmente pueden alcanzar inclinaciones de 20°. En la cuenca se localizan al S del casco urbano del municipio de Dabeiba y se presentan colgadas, inclinadas y discordantes sobre rocas antiguas (Figura 23). Hacen parte de la antigua llanura de inundación del Río Sucio y Río Urama, que fue basculada y sometida a procesos denudativos intensos





que dejaron una morfología alomada, de formas lobuladas y localmente dómicas (SGC, 2015).

Terrazas de acumulación subreciente (Ftas)

Franjas planas y suavemente inclinadas, remanentes de terrazas de edad subreciente de morfología ondulada y disectada, basculada con inclinaciones de pendiente del orden de 3° a 5°, aunque en sectores pueden alcanzar los 10°, limitada por escarpes de 5 a 20 m. Esta geoforma se presenta asociada al cauce de los principales ríos, tales como, río Sucio (alrededores de Dabeiba) y Urama al N; río Frontino y Musunga al S (Figura 25). Su origen está relacionado con la intensa disección y control tectónico de los cauces, lo cuales se van profundizando muy rápidamente, quedando remanentes de terrazas sobre las laderas, varios metros arriba (SGC, 2015).



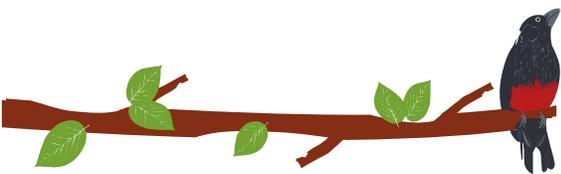
Figura 25. Geoformas de origen aluvial, identificadas en el plano o llanura de inundación del río Musunga, vereda Nutibara, municipio de Frontino, Antioquía, Estación GJAM-32, coordenadas N1241035, E1097022. Elaboración propia

- Ambiente estructural

Corresponde a las geoformas generadas por la dinámica interna de la tierra, especialmente las asociadas a plegamientos y fallamientos, cuya expresión morfológica está definida por la litología y la disposición estructural, al plegamiento de las rocas superiores de la corteza terrestre y que aún conservan rasgos reconocibles de las estructuras originales a pesar de haber sido afectadas en diverso grado por los procesos de denudación:

Espolón faceteado (Sefc)

Esta subunidad se localiza al norte de la cuenca, son salientes que en conjunto conforma sierras colinadas con pendiente inclinada a abrupta. Su origen se relaciona al fallamiento que genera truncamiento a manera de facetas triangulares y a procesos de erosión diferencial en unidades de distinta resistencia (litoarenitas, limolitas y lodolitas de Urrao) (SGC, 2015).



Espolón facetado moderado de longitud larga (Sefcml)

Saliente topográfica de morfología colinada y de forma predominantemente simétricas, con índice de relieve moderado, presenta topes de longitud larga y forma subredondeada a subangular. Presenta laderas caracterizadas por pendientes muy inclinadas a abruptas y longitudes largas a muy largas, de forma rectilínea y convexa, destacándose que perpendiculares a ella forman facetas triangulares. El patrón de drenaje dominante es subparalelo a paralelo, con valles en forma de "V" abierto e incisiones fuertes.

Esta unidad geomorfológica se asociado a dos sectores principalmente dentro de la zona de estudio; la primera de ellas se extiende hacia la zona suroccidental, sector Morro Pelao (Figura 26). Esta unidad se asocia geológicamente a los suelos residuales de la Monzonita del Cerro de Frontino y los basaltos de La Clara – Río Calle.



Figura 26. Espolón facetado moderado de longitud larga (Sefcml) desarrollado sobre rocas ígneas intrusivas, vereda El Cerro, municipio de Frontino, Antioquía. Estación GJAM-33, coordenadas N1236166, E1102998. Elaboración propia

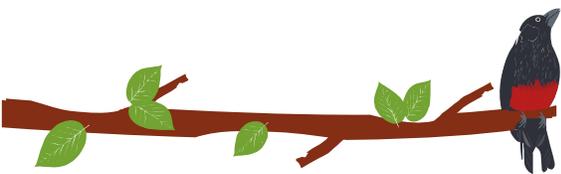
La segunda zona se extiende como una franja alargada en el sector oriental, en el corregimiento Cirigüan, Municipio de Cañasgordas sobre el costado oriental del río Cañasgordas. En este sector, los espolones presentan dirección predominante E-W, se asocian geológicamente a las rocas sedimentarias del Miembro Urra del Grupo Cañasgordas, controladas en esta zona por la Falla la Herradura, con dirección predominante N-S (SGC, EAFIT, 2014).

Asociado a esta unidad se identifican procesos de remoción en masa de tipo deslizamientos traslacional, favorecidos por los cambios de rigidez entre los materiales que conforman el perfil de meteorización de las rocas principalmente sedimentarias. Se destaca que estos movimientos presentan importantes afectaciones y generan ciertas irregularidades en el terreno (SGC, EAFIT, 2014).

Espolón festoneado morado de longitud larga (Sefesml)

Prominencia topográfica de morfología colinada, elongada y de forma predominantemente simétricas, con índice de relieve moderado, presenta topes de longitud larga y forma redondeada a subredondeada. Presenta laderas caracterizadas por inclinaciones abruptas a escarpadas y longitudes largas a muy largas, de forma





predominantemente convexas. El patrón de drenaje dominante es subparalelo, con valles en forma de "V" abierto e incisión fuerte.

Esta unidad se asocia a laderas y crestas simétricas de morfología alomada, cimas agudas dispuestas perpendicularmente al rumbo de las estructuras geológicas y que definen salientes cortas y largas, sobre rocas sedimentarias (Litoarenitas, limolitas y lodolitas de la Formación Urrao) (Servicio Geológico Colombiano, 2015), particularmente en el flanco este de la quebrada Quebradona a la altura de la vereda Corcovado del Municipio de Abriaquí (SGC, EAFIT, 2014).

Espolón de longitud larga (Sesal)

Saliente de morfología alomada, dispuesta perpendicularmente a la tendencia estructural general de la región, desarrollados sobre rocas ígneas (Diabasas y Basaltos de San José de Urama) y rocas sedimentarias (litoarenitas, limolitas y lodolitas de la Formación Urrao) y limitado por drenajes paralelos a subparalelos, generalmente controlados tectónicamente (SGC, MEMORIA EXPLICATIVA DEL MAPA GEOMORFOLÓGICO APLICADO A MOVIMIENTOS EN MASA ESCALA 1:100.000 PLANCHA DE LA PLANCHA 114 DABEIBA DEPARTAMENTOS DE ANTIOQUIA Y CHOCO, 2015).

Espolón bajo de longitud larga (Sesbl)

Saliente de morfología alomada, dispuesta perpendicularmente a la tendencia estructural general de la región, desarrollados sobre rocas sedimentarias (litoarenitas, limolitas y lodolitas de Urrao) y limitado por drenajes paralelos a subparalelos. Con laderas de longitudes variables, con pendientes que se ven reducidas de abruptas a inclinadas por intensos procesos denudativos (SGC, MEMORIA EXPLICATIVA DEL MAPA GEOMORFOLÓGICO APLICADO A MOVIMIENTOS EN MASA ESCALA 1:100.000 PLANCHA DE LA PLANCHA 114 DABEIBA DEPARTAMENTOS DE ANTIOQUIA Y CHOCO, 2015).

Espolón bajo de longitud media (Sesbm)

Saliente de morfología alomada, dispuesta perpendicularmente a la tendencia estructural general de la región, desarrollados sobre rocas ígneas y sedimentarias (Diabasas y basaltos de San José de Urama; chert y calizas de la Formación Nutibara; litoarenitas, limolitas y lodolitas de la Formación Urrao) y limitado por drenajes paralelos a subparalelos. Con laderas de longitudes variables, con pendientes que se ven reducidas de abruptas a inclinadas por intensos procesos denudativos (SGC, 2015).

Se destaca el identificado sobre el costado oriental del corregimiento de Musinga del Municipio de Frontino, el cual se presenta como un cuerpo simétrico de morfología colinada, con índice de relieve bajo, presenta topes de longitud media y forma predominantemente angulares y escalonadas (Figura 27). Presenta laderas caracterizadas por inclinaciones abruptas a muy abruptas y longitudes moderadamente largas, de forma rectilínea. El patrón de drenaje dominante es paralelo, con valles en forma de "V" abierto e incisiones fuertes.



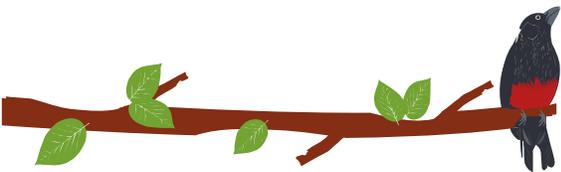


Figura 27. Espolón bajo de longitud media (Sesbm), desarrollado sobre rocas sedimentaria, vereda Musinguita, municipio de Frontino, Antioquía, estación GJAM-45, coordenadas N1238386, E1099233. Elaboración propia

Espolón moderado de longitud larga (Sesml)

Saliente de morfología alomada, dispuesta perpendicularmente a la tendencia estructural general de la región, desarrollados sobre rocas ígneas y sedimentarias (Diabasas y basaltos de San José de Urama y Chert; Calizas de la Formación Nutibara; litoarenitas, limolitas y lodolitas de la Formación Urrao) y limitado por drenajes paralelos a subparalelos. La particularidad de esta unidad radica en que el relativo está entre 250 m y 1000 m y la longitud del eje principal del espolón es mayor que 1000 m. Se localiza al E de Dabeiba (SGC, 2015).

Faceta triangular (Sft)

Superficie planar abrupta, recta con una geometría en planta triangular o trapezoidal (base amplia y angosta hacia arriba), cuyo origen se debe al truncamiento y desplazamiento vertical o lateral de relieves estructurales o interfluvios por procesos de fallamiento y erosión diferencial posterior. Esta geoforma es una de las características de los grandes lineamientos que atraviesan la cuenca tanto en dirección, NS, SW-NE y NE-NW (Figura 28), es una de las características asociada a los grandes trazos de falla y es muy común observarlos como pequeños cuerpos en toda la cuenca caracterizando muchos de los trazos de falla (SGC, MEMORIA EXPLICATIVA DEL MAPA GEOMORFOLÓGICO APLICADO A MOVIMIENTOS EN MASA ESCALA 1:100.000 PLANCHA DE LA PLANCHA 114 DABEIBA DEPARTAMENTOS DE ANTIOQUIA Y CHOCO, 2015).

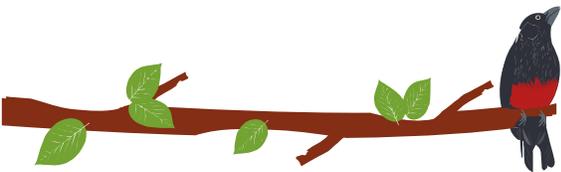


Figura 28. Facetas triangulares. Estación GJAM-52, coordenadas 1102602, 1269375, corregimiento de la Balsa, municipio de Dabeiba, Antioquia. Elaboración propia

Lomo de falla (Slfe)

Prominencia topográfica de morfología alomada, con laderas cortas a muy cortas, forma convexa y pendiente abrupta a escarpada, localizados a lo largo de una falla de rumbo y formados por el efecto combinado del desplazamiento lateral y la geometría del plano de falla que determina la expulsión de un bloque de terreno. Se caracteriza por su alto fracturamiento y estructuras de tipo flor positiva. Se asocia a rocas muy fracturadas de la Formación Urrao (Litoarenitas, limolitas y lodolitas) (SGC, MEMORIA EXPLICATIVA DEL MAPA GEOMORFOLÓGICO APLICADO A MOVIMIENTOS EN MASA ESCALA 1:100.000 PLANCHA DE LA PLANCHA 114 DABEIBA DEPARTAMENTOS DE ANTIOQUIA Y CHOCO, 2015).

Se caracterizan por presentar cimas alargadas, de topes agudos a redondeados que siguen la tendencia estructural regional, laderas cortas a moderadamente largas, de forma cóncava a rectas y pendientes inclinadas a abruptas. Su origen está relacionado con la acción conjunta de procesos tectónicos moderados a intensos y procesos de meteorización y denudación sobre rocas vulcanosedimentarias de la Formación Complejo de Santa Cecilia de la Equis al W; rocas ígneas de la Formación Diabasas y Basaltos de Urama, Litoarenitas, limolitas y lodolitas de la Formación Urrao al SW de Uramita (Figura 29); y chert y calizas de la Formación Nutibara al N de Uramita. Teniendo en cuenta lo anterior y la composición geológica, en estas geoforma se pueden desarrollar procesos desestabilizantes (SGC, MEMORIA EXPLICATIVA DEL MAPA GEOMORFOLÓGICO APLICADO A MOVIMIENTOS EN MASA ESCALA 1:100.000 PLANCHA DE LA PLANCHA 114 DABEIBA DEPARTAMENTOS DE ANTIOQUIA Y CHOCO, 2015).

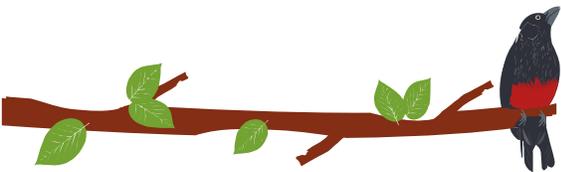


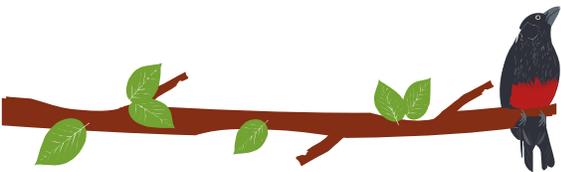
Figura 29. Lomo de falla (Slife), desarrollado sobre rocas sedimentaria de la Formación Urrao, Uramita, Antioquía, estación GJAM-14, coordenadas N1254329, 1100465. Elaboración propia

Sierra (Ss)

Prominencia topográfica de morfología montañosa, de laderas simétricas o asimétricas, de longitudes largas a extremadamente largas, de formas cóncavas, convexas o rectas, con pendientes muy inclinadas a escarpadas. Se localiza en un área circular limitada por el río Urama al N, el río Sucio al W y el río Uramita al S (Figura 30). En esta geoforma dados el intenso fracturamiento, las altas pendientes, la composición geológica, se desarrollan procesos desestabilizantes de diferente tipo y magnitud (SGC, 2015).



Figura 30. Sierra (Ss), Uramita, Antioquía, vereda El Botón, municipio de Dabeiba, Antioquía, estación GJAM-22, coordenadas N1257415, E1090951. Elaboración propia



Sierra homoclinal (Ssh)

Prominencia topográfica de morfología montañosa de cimas agudas, definida por una secuencia de estratos o capas apilados e inclinados ($> 35^\circ$) en una misma dirección. Generalmente es producto del desarrollo o erosión de un solo flanco de una estructura geológica. En la cuenca esta estructura se presenta especialmente hacia el NE asociada a rocas sedimentarias tipo litoarenitas, limolitas y lodolitas de la Formación Urrao (Figura 31), cuya dirección preferente es NW-SE, con inclinaciones entre 300 y 800, hacia el W (SGC, MEMORIA EXPLICATIVA DEL MAPA GEOMORFOLÓGICO APLICADO A MOVIMIENTOS EN MASA ESCALA 1:100.000 PLANCHA DE LA PLANCHA 114 DABEIBA DEPARTAMENTOS DE ANTIOQUIA Y CHOCO, 2015).



Figura 31. Sierra homoclinal (Ssh), desarrollada sobre Litoarenitas, limolitas y lodolitas de la Formación Urrao, vereda Camparrusia, municipio de Dabeiba, Antioquia, estación GJAM-48, coordenadas N1264380, E1113739. Elaboración propia

Ladera estructural de sierra homoclinal (Sshle)

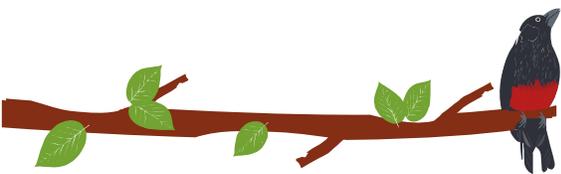
Ladera de sierra homoclinal generalmente denudada, definida por la inclinación de los estratos en favor de la pendiente, de longitud corta a moderada larga de formas rectas a convexas y con pendientes escarpadas a muy escarpadas. Está constituida rocas duras, blandas e intermedias (litoarenitas, limolitas y lodolitas de la Formación Urrao) con el desarrollo de suelos residuales delgados y asociados localmente con procesos denudacionales acentuados y desarrollo de tierras malas. Se localiza alrededor de Frontino y al S del caserío de Sodoma, vía a Camparrusia (SGC, MEMORIA EXPLICATIVA DEL MAPA GEOMORFOLÓGICO APLICADO A MOVIMIENTOS EN MASA ESCALA 1:100.000 PLANCHA DE LA PLANCHA 114 DABEIBA DEPARTAMENTOS DE ANTIOQUIA Y CHOCO, 2015).

Presenta un patrón de drenaje predominantemente paralelo a subparalelo, con valles en forma de "V" abierta y altamente incisados. Esta unidad se encuentra en jurisdicción del Municipio de Frontino, entre el río la Herradura y la cuchilla Noré, incluyendo la zona donde se localizan los sectores La Esperanza, Pontón y La Herradura (SGC, EAFIT, 2014).

Sierra y lomos de presión (Sslp)

Prominencias topográficas montañosas o alomadas localmente curvas, formadas por plegamiento intenso, verticalización de secuencias sedimentarias, asociados a fallamiento inverso, generados en una zona de traspresión de una falla de rumbo o





trascurren. En la cuenca estas geformas están asociadas a los grandes fallamientos que atraviesan la plancha de S a N, entre las cuales se encuentra la Falla la Cerrazón sobre rocas sedimentarias de la Formación Guineales (Areniscas, conglomerados y margas); Formación Urrao (litoarenitas, limolitas y lodolitas); y Formación Nutibara (chert y calizas) (SGC, MEMORIA EXPLICATIVA DEL MAPA GEOMORFOLÓGICO APLICADO A MOVIMIENTOS EN MASA ESCALA 1:100.000 PLANCHA DE LA PLANCHA 114 DABEIBA DEPARTAMENTOS DE ANTIOQUIA Y CHOCO, 2015). Caracterizada por presentar un índice de relieve de moderado a alto, topes subredondeados a subangulares, laderas con inclinaciones abruptas a escarpadas y longitudes que varían entre moderadamente largas y muy largas y laderas convexas a rectilíneas. Desarrolla un patrón de drenaje subparalelo a paralelo con valles en forma de "V" cerrado, fuertemente incisados (Figura 32 y Figura 33)

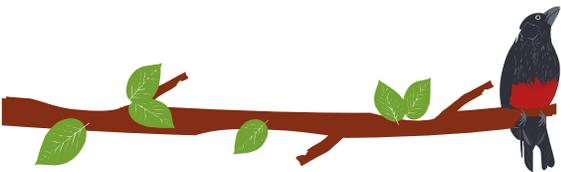
Se encuentran distribuidos a lo largo de franjas en sentido NS, con una distribución importante en toda la cuenca (SGC, EAFIT, 2014).



Figura 32. Sierra y lomos de presión (Sslp), desarrollada sobre Litoarenitas, limolitas y lodolitas de la Formación Urrao, vereda San Benito, municipio de Uramita, Antioquía, estación JAM-12, coordenadas N1255775, E1111726. Elaboración propia



Figura 33. Sierra y lomos de presión (Sslp), desarrollada sobre Litoarenitas, limolitas y lodolitas de la Formación Urrao, vereda Juntas de Uramita, municipio de Cañasgordas, Antioquía, estación GJAM-15, coordenadas N1257495, E1115682. Elaboración propia



Sierra sinclinal (Sss)

Sierra de morfología colinada, amplia en forma de artesa elevada formada por el eje de estructuras sinclinales de dirección SW-NE, localizada al S de Dabeiba. La disposición actual obedece a procesos denudativos diferenciales que han desmantelado los flancos de estas estructuras, invirtiendo el relieve original, dejando la artesa como una prominencia topográfica limitada por laderas de contrapendiente. En la cuenca estas geoformas se desarrollan sobre rocas de la Formación Guineales (areniscas, conglomerados y margas) y litoarenitas, limolitas y lodolitas de la Formación Urrao y corresponde a la continuación hacia el N del Sinclinal de Rio Verde con dirección aproximada NS. Otra estructura sinclinal está asociada con rocas sedimentarias (chert y calizas) de la Formación Nutibara y se localiza al SW de Uramita (SGC, MEMORIA EXPLICATIVA DEL MAPA GEOMORFOLÓGICO APLICADO A MOVIMIENTOS EN MASA ESCALA 1:100.000 PLANCHA DE LA PLANCHA 114 DABEIBA DEPARTAMENTOS DE ANTIOQUIA Y CHOCO, 2015).

Ladera de contrapendiente sierra sinclinal (Ssslc)

Superficie vertical a subvertical corta a moderadamente larga, de forma irregular o escalonada, generada por estratos dispuestos en contra de la pendiente del terreno, relacionada al flanco de una sierra sinclinal. Las geoformas son complementarias a las sierras sinclinales, sobre las mismas rocas sedimentarias. Esta estructura está relacionada con el Sinclinal de Rio Verde, que transcurre con dirección NS, en las inmediaciones de Dabeiba (SGC, MEMORIA EXPLICATIVA DEL MAPA GEOMORFOLÓGICO APLICADO A MOVIMIENTOS EN MASA ESCALA 1:100.000 PLANCHA DE LA PLANCHA 114 DABEIBA DEPARTAMENTOS DE ANTIOQUIA Y CHOCO, 2015).

Ladera contrapendiente (Slcp)

Superficie en declive o ladera de pendientes muy abrupta a escarpadas, de longitudes que oscilan de largas y muy largas (Figura 34), aspecto irregular a rectilíneo, y cuya característica principal se centra en que son definidas por planos (estratos, foliación, diaclasamiento, entre otros) dispuestos en sentido contrario a la inclinación del terreno. El patrón de drenaje dominante es subparalelo, con valles en forma de "V" cerrado e incisión fuerte

También se localiza sobre el costado oeste del río Cañasgordas incluyendo la zona donde se localiza el corregimiento de Santo Tomás, asociada a rocas de la Formación Urrao (SGC, MEMORIA EXPLICATIVA DEL MAPA GEOMORFOLÓGICO APLICADO A MOVIMIENTOS EN MASA ESCALA 1:100.000 PLANCHA DE LA PLANCHA 114 DABEIBA DEPARTAMENTOS DE ANTIOQUIA Y CHOCO, 2015). Igualmente se localiza al sur de la zona urbana del Municipio de Frontino y al este del corregimiento de Musinga, sobre la vertiente occidental del río El Cerro (SGC, EAFIT, 2014).



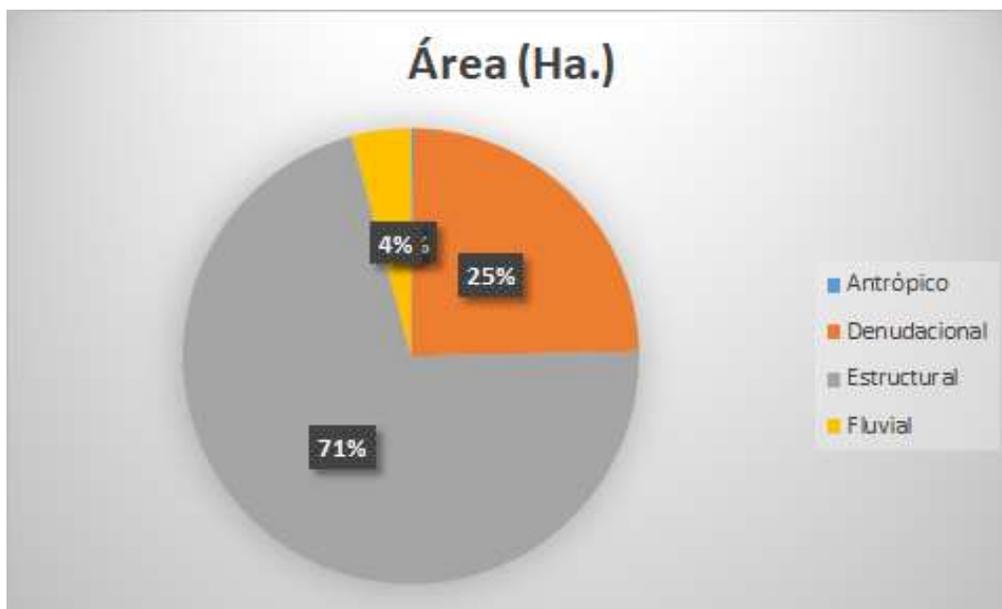
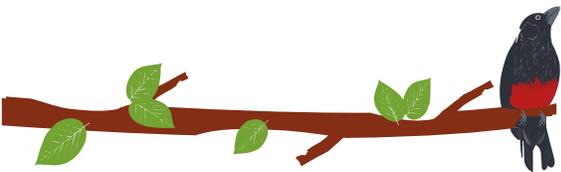


Gráfico 2. Porcentaje de ocupación de cada uno de los ambientes identificados en la Cuenca Río Sucio Alto.
Elaboración propia

1.1.5.2 Atributos del mapa geomorfológico

La descripción de las unidades geomorfológicas está basada en las características derivadas de la interpretación de los diferentes insumos y los atributos colectados y descritos durante los trabajos de verificación en el campo y, de acuerdo con cada uno de los ambientes geomorfológicos predominantes. Dichos atributos se encuentran consignados en la Geodatabase. Entre los principales atributos contemplados en la descripción de las unidades se incluyeron: La morfología, morfometría, morfogénesis y morfodinámica.

1.1.5.2.1 Morfología

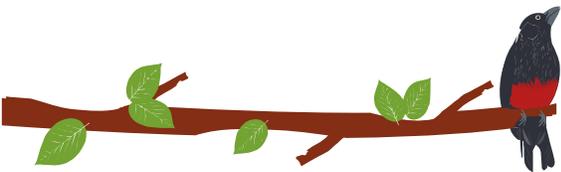
Se relaciona con los aspectos cualitativos de la unidad geomorfológica, es decir su fisonomía o aspecto que muestra la unidad en cuanto a su forma o aspecto que se ve reflejado en la configuración de su geometría, gradiente topográfico y forma de la pendiente.

1.1.5.2.2 Morfometría

Tiene que ver con la descripción de los aspectos cuantitativos de la unidad geomorfológica en términos de sus medidas como: longitud, área, tamaño y magnitud de la pendiente. Entre las características del terreno tenidos en cuenta para su descripción se incluyó, el contraste del relieve (conocido como relieve relativo local), que hace referencia a las diferencias de altitud de una geoforma o unidad entre su parte más alta y la más baja de ésta, y es considerada independiente de la altura absoluta sobre el nivel del mar.

Este atributo es muy importante, ya que refleja o indica la energía potencial desarrollada sobre un sistema de drenaje y sus efectos erosivos sobre los materiales constitutivos de las geoformas. En el área de la cuenca del Río Sucio Alto, la altura máxima del relieve se encuentra sobre la zona montañosa, donde están expuestas de preferencia las unidades de origen estructural y denudacional, desarrolladas sobre rocas sedimentarias





plegadas y falladas, cuya altitud está por debajo de los 3800 metros; mientras que las unidades de origen fluvial, se encuentran desarrolladas sobre depósitos cuaternarios, no consolidados de origen fluvial, localizados a lo largo de los ríos y ocupando el fondo de los valles intramontanos a diferentes alturas.

Otro de los parámetros tenidos en cuenta es la inclinación de la ladera, en la dirección del plano estructural y corresponde al ángulo que forman las superficies del terreno con respecto a un plano horizontal y varía desde plana a suavemente inclinada, muy inclinada y hasta, vertical. Sobre la contrapendiente, la pendiente varía desde escarpada a muy escarpada y hasta alcanzar la vertical; dependiendo del tipo de material que conforma la unidad geomorfológica, que en la zona varía desde materiales rocosos conformados por clásticos finos y blandos, moderadamente blandos, poco resistentes; hasta materiales clásticos de grano grueso con resistencia variable desde moderadamente resistentes a muy resistentes, que a su vez tiene cierta relación con la susceptibilidad a los movimientos en masa.

La longitud de la ladera se consideró también como un parámetro muy importante, ya que da una indicación de la homogeneidad del material constitutivo de las geoformas y determina la mayor o menor superficie de exposición para el desarrollo de los procesos morfodinámicos.

Por otro lado, se consideró la forma de la ladera que refleja indirectamente la resistencia de los materiales frente a los procesos erosivos o la existencia de un control estructural debido a la presencia de estructuras geológicas y ésta condición favorece la ocurrencia de movimientos en masa que pueden desarrollarse sobre dichas laderas. Los movimientos en masa de tipo rotacional, del tipo golpes de cuchara, se observaron sobre pendientes desde cóncavas hasta convexas.

Los movimientos en masa de tipo traslacional están asociados a pendientes rectilíneas controladas por los planos de estratificación. Los patrones de drenaje desarrollados sobre las diferentes geoformas, fueron tenidos en cuenta en la descripción y el análisis geomorfológico, ya que dan indicación indirecta de la permeabilidad y porosidad de las rocas y materiales no consolidados; también dan indicación de la dirección de la pendiente y el tipo de estructura predominante en el subsuelo, como también la densidad de fracturamiento o si se presenta un control estructural por causa del fracturamiento o el plegamiento de las rocas sedimentarias expuestas en el área.

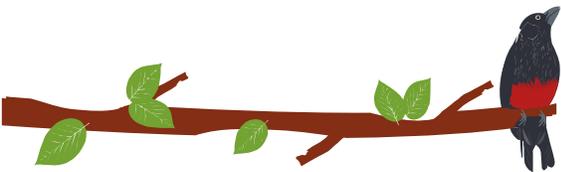
1.1.5.2.3 Morfogénesis

Se refiere al origen de una unidad o al ambiente morfogenético en el cual se ha formado y aplica para las diferentes geoformas desarrolladas sobre el área de estudio, lleva implícita la evolución, ya que fueron el producto de la acción de diferentes procesos de origen endógeno (tectónica y orogénesis) y procesos de origen exógeno (como los agentes hidrometeorológicos), que han actuado sobre las geoformas y han modelado los paisajes, relieves y formas del terreno actuales. Estos paisajes han evolucionado bajo la influencia de diferentes agentes exógenos (como el agua, el viento) y controlados por la influencia de la fuerza de gravedad, estos han actuado como modeladores sobre la superficie del terreno modificando su expresión a lo largo de la escala del tiempo geológico.

1.1.5.2.3.1 Morfoestructura y litología

La morfoestructura da una indicación sobre los distintos tipos de modelados, según su origen (estructural y denudacional), o según el tipo de litología sobre la cual se desarrollan las unidades geomorfológicas, en este caso se presentan rocas sedimentarias





clásticas estratificadas de distinta granulometría, (Figura 35 y Figura 36), las cuales dependiendo de su composición dan diferente expresión a las geoformas resultantes después de la ocurrencia de procesos endógenos producto de las deformaciones tectónicas (antiguas inactivas o pasivas) y la acción de los distintos procesos exógenos producto de la interacción de agentes hidrometeorológicos (recientes activos y actuales). La influencia de la Morfoestructura y la litología en el área del proyecto, se ve reflejada sobre todo en el desarrollo de las unidades de origen estructural y denudacional, que han sido modeladas sobre las grandes estructuras geológicas regionales de tipo anticlinal y sinclinal, afectadas por fallas regionales y locales, sobre las cuales se han desarrollado las unidades y subunidades geomorfológicas expuestas sobre la cuenca del Río Sucio Alto. La configuración de cada una de las unidades es variable y está dependiendo mucho del tipo y disposición de las diferentes secuencias de rocas sedimentarias que conforman los trenes estructurales en dirección norte-sur espacio y tiempo de las geoformas; y están directamente relacionados con el origen de las rocas y los depósitos superficiales; como también con los procesos endógenos y exógenos que han actuado sobre la superficie durante las etapas de evolución de las geoformas que actualmente se encuentran en la región.



Figura 35. Afloramiento de macizo rocoso de los Chert y calizas de Nutibara (K2cn), en donde se observa los planos de estratificación, estación JAM-05, vía Nacional Medellín – Turbo, municipio de Cañasgordas, vereda Botija Bajo, coordenadas (1106263.6 E - 1247864.6 N). Elaboración propia

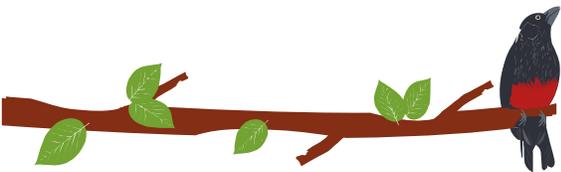


Figura 36. Litoarenitas, limolitas y lodolitas de Urrao (K2alu) de origen sedimentario, muy fracturadas, estación JAM-07, vereda Cestillal, municipio de Cañasgordas, (1110663.9E – 1250219.8N). Elaboración propia

1.1.5.2.4 Procesos morfodinámicos actuales

Está relacionado con los diversos procesos geomorfológicos activos que han actuado sobre la superficie de las geoformas desde su origen, hasta los tiempos actuales e indirectamente inciden sobre la superficie desde el interior de la tierra como la tectónica (fuerzas internas) y los eventos generados por la interacción de los procesos exógenos relacionados con agentes de la hidrosfera y la atmósfera, que han actuado por largos períodos de tiempo sobre la superficie terrestre.

1.1.5.2.4.1 Morfodinámica

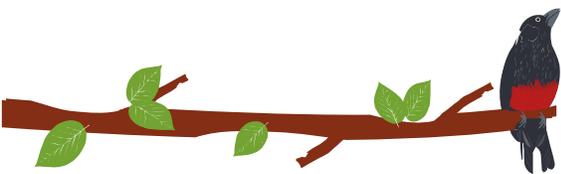
La morfodinámica en este caso particular, está enfocada a la identificación y localización de los movimientos en masa que se encuentran sobre el área de la jurisdicción de la cuenca del Río Sucio Alto.

Este parámetro tiene relación con los distintos procesos geodinámicos causados por agentes exógenos que han actuado sobre la superficie de la tierra, responsables de los procesos denudativos pasados y actuales, entre los cuales se encuentran: la escorrentía superficial del agua de lluvia, las aguas corrientes de los ríos y quebradas, y el efecto del viento.

La acción y efecto de éstos procesos exógenos, están claramente evidenciados y representados en los procesos de meteorización de las rocas, los procesos de remoción en masa, la formación y erosión de los suelos.

A los factores de cambio y modificación de los paisajes y las geoformas, también se incluye la acción de los animales y la actividad del hombre que ha transformado y modificado las condiciones naturales del medio. Estos agentes son los responsables directos de la mayoría de los procesos geomorfológicos exógenos que han afectado a las





distintas geoformas expuestas en la superficie terrestre, ya sea degradándolas o bien construyendo y modificando nuevas geoformas en la cuenca.

Entre los principales procesos se incluye la erosión, en sus diferentes modalidades como la erosión pluvial, que se inicia con el efecto de las gotas de lluvia que poco a poco van disgregando el material, dejándolo expuesto para ser transportado por la escorrentía superficial que genera inicialmente un escurrimiento difuso y luego una erosión laminar sobre la superficie del suelo. En etapas posteriores la escorrentía superficial se va acentuando, dando origen a la formación de surcos y cárcavas; y en estados más avanzados de los procesos de erosión se presenta la erosión regresiva o remontante, que finalmente y debido al uso del suelo, genera los movimientos de remoción en masa

La morfodinámica, permitió identificar los procesos de erosión y movimientos en masa, que han ocurrido en el área de estudio, utilizando criterios indirectos sobre la estabilidad o inestabilidad del terreno con fines de la zonificación. En el proceso de identificación y caracterización de los movimientos en masa en la cuenca del Río Sucio Alto, se utilizaron ortofotos a color de alta resolución para la identificación e interpretación de los movimientos en masa y posteriormente, se verificaron en campo, usando los formatos de campo del SGC (Servicio Geológico Colombiano, 2017), con los cuales se efectuaron descripciones y se tomaron datos del inventario de los movimientos en masa, los que en su gran mayoría corresponden a movimientos activos del tipo golpe de cuchara (Figura 37 y Figura 38).



Figura 37. Deslizamiento de tipo rotacional en la cuenca alta del río Cañasgordas, donde se evidencia el escarpe o zona de inicio (e), cuerpo o zona de depósito (d) sobre suelo residual de las litoarenitas, limolitas y lodolitas de Urrao (K2alu), estación GJAM-09, vía Nacional Medellín – Turbo, vereda El Nadero, municipio de Cañasgordas, Antioquía, coordenadas (1119730E - 1235601N).

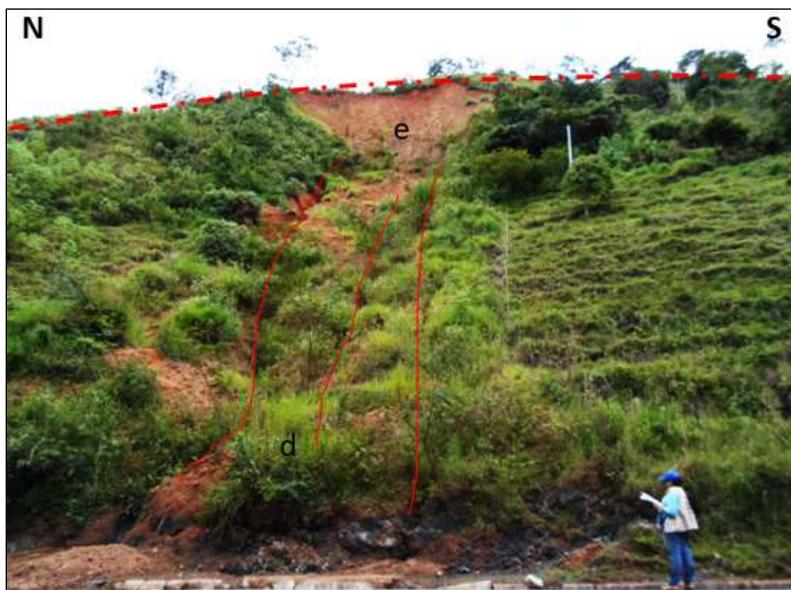
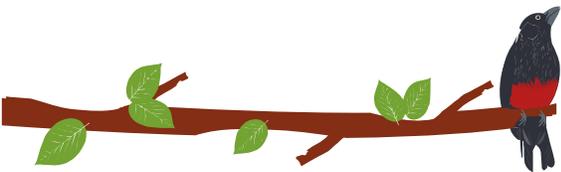


Figura 38. Movimiento en masa tipo deslizamiento, donde se evidencia el escarpe o zona de inicio (e), cuerpo o zona de depósito (d) sobre suelo residual de las litoarenitas, limolitas y lodolitas de Urrao (K2alu), estación GJAM-11, vía Nacional Medellín – Turbo, Cañasgordas, Antioquía, coordenadas (1116082E - 1238881N).

Mediante la interpretación de imágenes satelitales, se especializo los sitios con eventos de movimientos en masa, apoyados con los registros consignados en la base de datos y el modelo de elevación (Figura 39).

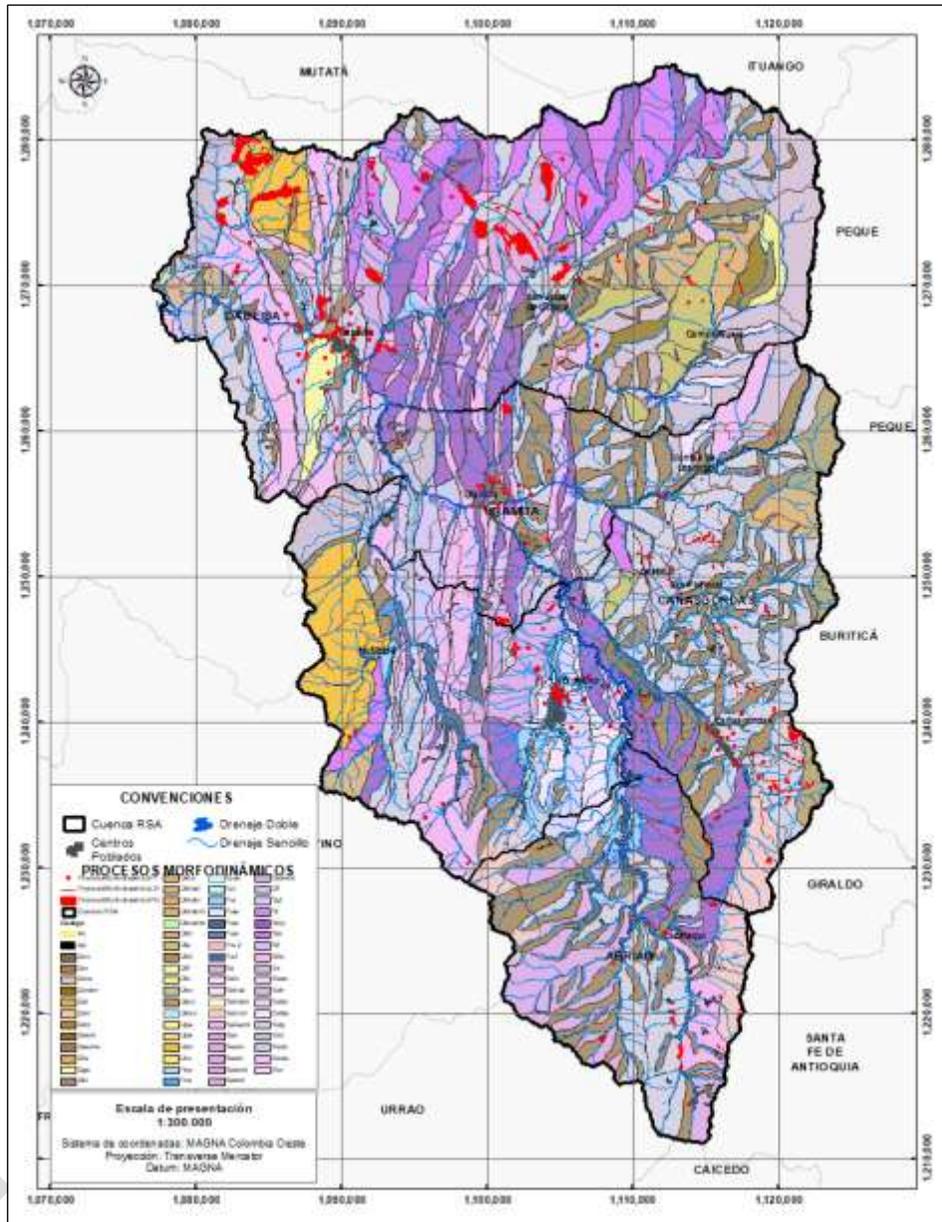
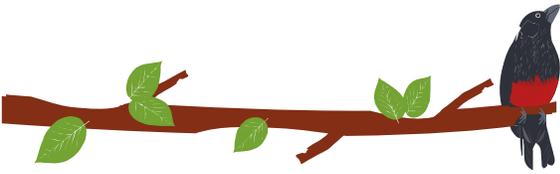


Figura 39. Espacialización de los procesos morfodinámicos interpretados en la Cuenca Río Sucio Alto, utilizando imágenes de satélite y fotografías aéreas. Fuente: Propia

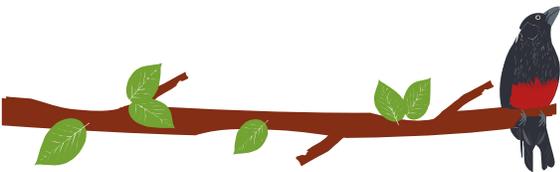
1.1.5.2.5 Caracterización de procesos morfodinámicos

La metodología aplicada al levantamiento geomorfológico, está orientada a la zonificación de movimientos en masa, avenidas torrenciales e inundaciones.

La caracterización morfodinámica permite identificar y definir la evolución de los procesos denudativos (erosión y movimientos en masa), que han ocurrido en un área determinada y permiten dilucidar el futuro, particularmente en términos de estabilidad de un terreno.

La valoración del relieve a través de atributos cuantificables permite caracterizar un ambiente geomorfológico y agruparlo en sus similitudes, disminuyendo la subjetividad





en las conclusiones derivadas de dichos atributos. A continuación se presentan los parámetros cualitativos y cuantitativos más importantes que se utilizaron para la diferenciación (incluyendo la descripción y los rangos de medidas asociadas) de las geoformas durante el trabajo de campo, tales como contraste de relieve o relieve relativo (Tabla 3), inclinación, longitud y forma de la ladera (Tabla 4, Tabla 5 y Tabla 6), patrón de drenaje (Figura 40) y forma de crestas y valles (Tabla 7).

Tabla 3. Rangos de altura o relieve relativo (SGC, 2012).

Rangos	Descripción del relieve	Resistencia relativa del material
<50m	Muy bajo	Materiales muy blandos y erosionables
50 - 250m	Bajo	Blando erosionable
250 - 500m	Moderado	Moderadamente blando y erosión alta
500 - 1000m	Alto	Resistente y erosión moderada
1000 - 2500m	Muy alto	Resistente y erosión baja
>2500m	Extremadamente alto	Extremadamente resistente y erosión muy baja

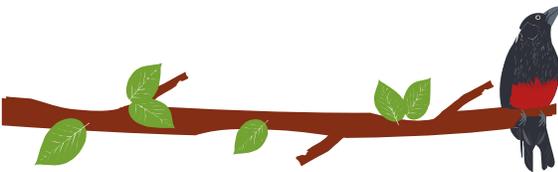
Tabla 4. Rangos de inclinación de la ladera (SGC, 2012).

Inclinación (°)	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 susceptibilidad a 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.

Tabla 5. Rango de longitud de la ladera (SGC, 2012).

Longitud (m)	Descripción
< 50	Muy corta
50 - 250	Corta
250 - 500	Moderadamente larga
500 - 1000	Larga
1000 - 2500	Muy larga





> 2500	Extremadamente larga
--------	----------------------

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6. Forma de la ladera (SGC, 2012).

Clase	Características del material	Movimientos en masa asociados
Recta	Alta resistencia y disposición estructural a favor de la pendiente.	Deslizamientos traslacionales.
Cóncava	Material blando y disposición estructural no diferenciada.	Deslizamientos rotacionales.
Convexa	Materiales blandos y disposición estructural casi horizontal.	Predomina meteorización y erosión. Pequeños 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: Elaboración propia.

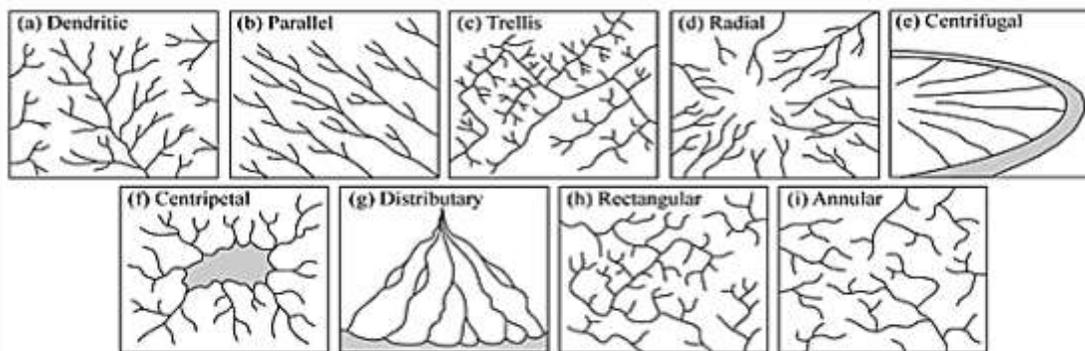


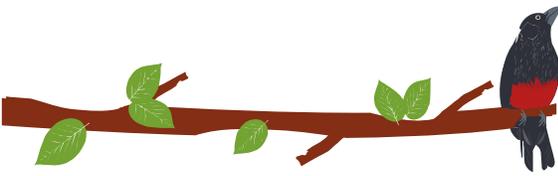
Figura 40. Patrón de drenaje controlado por la inclinación del terreno, tipo y estructuras de la roca subyacente, densidad de vegetación y condiciones climáticas. Tomado de Huggett (2007) en (SGC) 2012).

Tabla 7. Forma de crestas y valles (SGC, 2012).

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

Fuente: Elaboración propia.





1.1.5.2.5.1 Caracterización de Movimientos en Masa

El inventario de movimientos en masa se generó a partir del levantamiento en campo y la fotointerpretación. Para el proceso de caracterización de los movimientos en masa en la zona de estudio, se empleó la clasificación de los movimientos en masa del SGC (Servicio Geológico Colombiano, 2017), en la cual se propone la utilización de un formato para la captura de datos, con el fin de alimentar el inventario de movimientos en masa en cualquier estudio de zonificación y amenaza (Figura 41).

El formato incluye trece grandes temas de información sobre los movimientos en masa, que a su vez agrupan aspectos particulares de cada uno de ellos, como localización, litología, actividad del movimiento, morfometría, daños relacionados, etc.

Figura 41. Formato utilizado en la captura de información de los movimientos en masa. Elaboración propia.

Los movimientos en masa fueron caracterizados mediante el diligenciamiento del formato descrito en el numeral 2.2., cada formato está asociado a una estación en la libreta de campo y son identificados en su parte superior de la siguiente manera Figura 42:

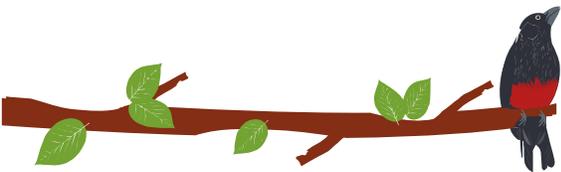
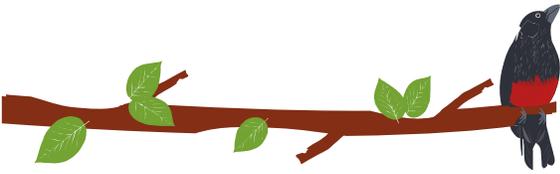


Figura 42. Identificación de la estación de campo. Elaboración propia.

Durante la campaña de campo se caracterizaron zonas que evidenciaban movimientos en masa de grandes dimensiones tipo rotacional, algunos se encuentran activos y otros estabilizados. También se observaron deslizamientos de pequeñas dimensiones, en su mayoría de tipo rotacionales, y algunas caídas de rocas, caídas de detritos, flujos de lodo y flujos de tierra (Figura 39 y Tabla 8). Más del 70% de las laderas de las geoformas, se encuentran afectadas por múltiples deslizamientos al estilo golpes de cuchara y terraceo por efecto “pata de vaca”, la mayoría identificados durante la fotointerpretación. Estos procesos morfodinámicos han sido registrados solo en libreta, puesto que no presentan las dimensiones necesarias para ser cartografiados en formato individualmente, pero que en conjunto generan condiciones de inestabilidad en las laderas.

Los formatos diligenciados se entregan en formato físico y digital (Anexo D). Adicionalmente, cada formato lleva asociado un registro fotográfico que también fue entregado en formato digital (Anexo E), organizado por código de formato asociado a estación.



PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA RÍO SUCIO ALTO
FASE DE DIAGNÓSTICO

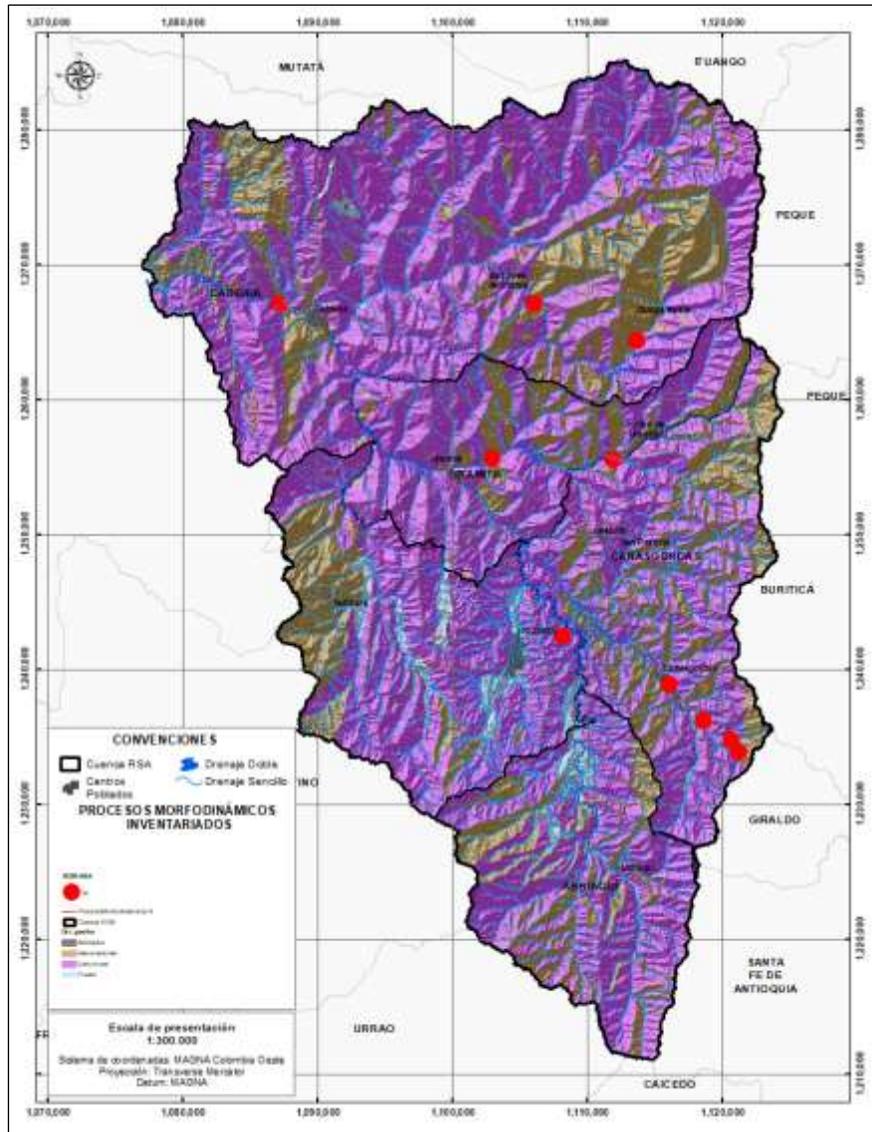
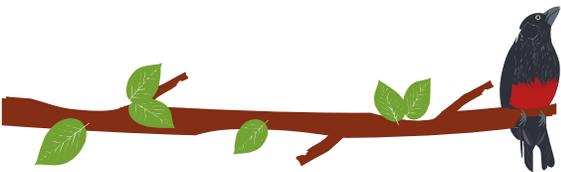


Figura 43. Procesos morfodinámicos inventariados en la salida de campo. Elaboración Propia

Tabla 8. Inventario de procesos morfodinámicos activos en la Cuenca Río Sucio Alto.

ESTA.	LAT.	LONG.	COORD Y	COORD X	ALTURA (M)	PLANCHA 1:25000 IGAC	MUNICIPIO	VEREDA	OBSERVACIONES
GJAM48	6.98580	-76.04823	1264380	1113739	1375	114-II-D	Dabeiba	Agualinda	Deslizamiento sobre suelo residual de K2alu
GJAM51	7.01101	-76.11707	1267152	1106125	1138	114-II-C	Dabeiba	Churrascal	Deslizamiento sobre suelo residual de K2alu
GJAM16	6.90624	-76.06455	1255576	1111954	1053	114-IV-B	Uramita	Santo Domingo	Deslizamiento sobre suelo residual de





PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA RÍO SUCIO ALTO
FASE DE DIAGNÓSTICO

										K2alu. Río San Julián. Estrias
GJAM17	6.90685	-76.06539	1255644	1111860	1045	114-IV-B	Uramita	Santo Domingo		Deslizamiento traslacional sobre suelo residual de K2alu. San Julián
GJAM18	6.90682	-76.14524	1255622	1103035	780	114-IV-A	Uramita	Caunce		Deslizamiento sobre Q2al. Derrumbe de posible K2cn
GJAM07	6.70995	-75.98098	1233885	1121241	2067	129-II-B	Cañasgordas	Cirigüan		Deslizamiento sobre suelo residual de K2alu
GJAM08	6.71794	-75.98584	1234768	1120701	1998	129-II-B	Cañasgordas	Cirigüan		Deslizamiento sobre suelo residual de K2alu. Estrias de falla, pizarra.
GJAM09	6.72550	-75.99461	1235601	1119730	1998	129-II-B	Cañasgordas	El Madero		Deslizamiento sobre suelo residual de K2alu. JAM04
GJAM10	6.73085	-76.00427	1236191	1118660	1705	129-II-B	Cañasgordas	Los Naranjos		Deslizamiento sobre suelo residual de K2alu
GJAM11	6.75522	-76.02753	1238881	1116082	1293	129-II-B	Cañasgordas	Cañasgordas		Deslizamiento sobre suelo residual de K2a
GJAM27	6.78749	-76.09827	1242433	1108253	1382	114-IV-D	Frontino	La Herradura		Deslizamiento activo
GJAM23	7.01065	-76.28858	1267077	1087173	3893	114-I-D	Dabeiba	Carra		Deslizamiento estabilizado. Q2al

Fuente: Elaboración propia.

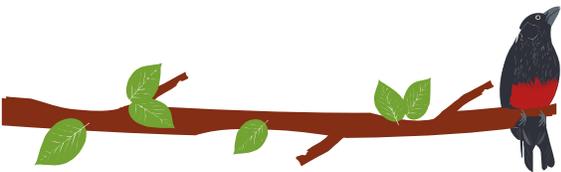
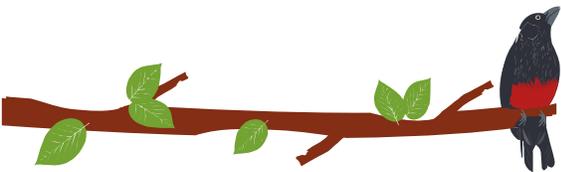


Figura 44. Deslizamiento de tipo flujos de detritos formando un abanico aluvial en la cuenca alta del río Urama, quebrada Charrascal, estación GJAM-50, vía San José de Urama-Camparrusia, vereda Charrascal, municipio de Dabeiba, Antioquía, coordenadas (1106624E - 1266909N).



Figura 45. Deslizamiento de tipo flujos de detritos formando un abanico aluvial en la cuenca alta del río Urama, sector Los Mangos, estación GJAM-51, vía San José de Urama-Camparrusia, vereda Charrascal, municipio de Dabeiba, Antioquía, coordenadas (1106125E - 1267152N).



En la cuenca los deslizamientos o caídas de material, no solo se dan por intervención antrópica también están relacionados con la forma del relieve, con la composición y grado de meteorización de la roca.

En épocas de alta pluviosidad se presentan deslizamientos de falla circular en perfiles de meteorización de alto espesor, en la zona la problemática está basada en los deslizamientos presentes por cambios de plasticidad y granulometría, la unidad suelo residual arenolimoso arcilloso de alta y baja compresibilidad de las litoarenitas, limolitas y lodolitas de Urrao (K2alu) está conformada por materiales (arcillas) muy susceptibles a los procesos de remoción en masa, (superficies de falla circular profunda), por su condición blanda las arcillas y su característica plástica, presentan una buena capacidad de retener agua y es la unidad en donde ocurren la mayoría de los procesos de movimientos en masa (74%), seguido por los suelo residual sedimentario limoso de alta y baja compresibilidad de los Chert y calizas de Nutibara (10%).

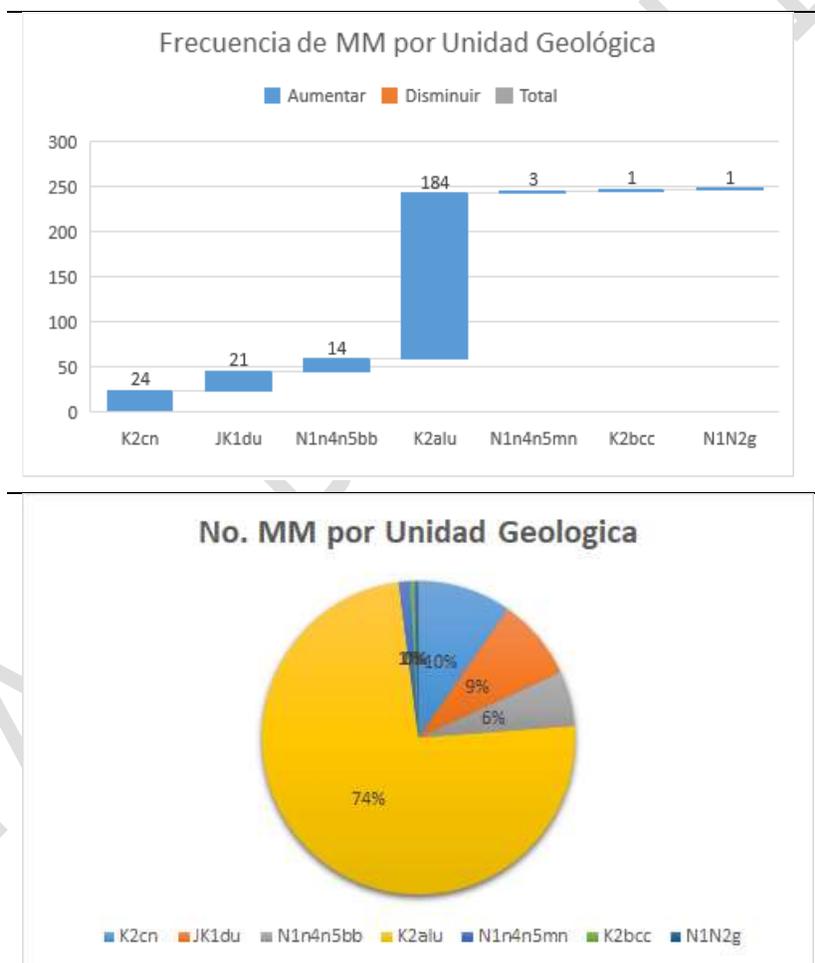
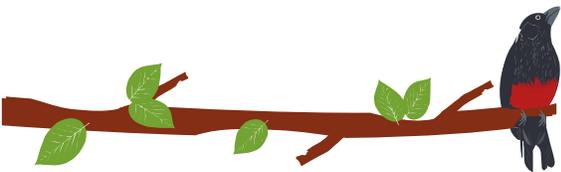


Figura 46. Relación de la ocurrencia de los movimientos en masa por Unidad Geológica Superficial. La estabilidad de los taludes y las laderas está gobernada por un conjunto de variables topográficas, geológicas, ambientales y antrópicas que determinan la posibilidad de los



movimientos en masa, la mayoría de los procesos de inestabilidad se presentan una vez las fuerzas desestabilizantes superan la resistencia de los materiales a desplazarse.

En la zona el fuerte fracturamiento de la roca hace que se presenten deslizamiento de falla rotacional especialmente en las rocas que conforman la unidad de las limolitas y litoarenitas de la Formación Urrao y las calizas y cherts de la Formación Nutibara, también se observa en la cuenca caída de roca en algunas unidades.

En el sector sur oriental (parte alta), es donde se presentan la mayoría de los movimientos en masa de gran magnitud, lo cual guarda relación con el fuerte fracturamiento que han sufrido las rocas presentes en el área. La Falla Higueros de característica inversa, desplaza a la Falla de Cañasgordas, y esta última desplaza a las restantes fallas inversas subparalelas, alguna de estas fallas, como la de Higueros, tienen una anchura o zona de falla considerable, tal como se ha puesto de manifiesto en los numerosos deslizamientos asociados a ella en la superficie.

La inestabilidad se ve acelerada no solo por la composición y fractura de la roca, sino por la deforestación que deja en descubierto los suelos residuales permitiendo la erosión hídrica en las laderas, con procesos de arranque, transporte y depósito de los suelos por la acción de las aguas pluviales y de escorrentías.

1.1.5.2.6 Reinterpretación y clasificación

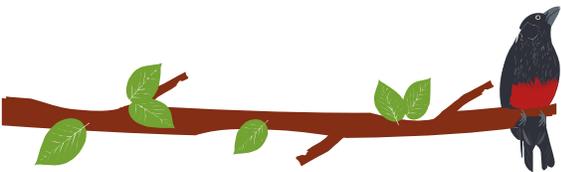
Con base en la verificación de campo, se reinterpretó la fointerpretación inicial en los siguientes aspectos:

- ✓ Revisión de la interpretación con base en observaciones de campo incluyendo el ajuste de los límites de las unidades cartográficas.
- ✓ Revisión con fotografías aéreas en aéreas críticas, en especial límites fluviales con variaciones topográficas pequeñas.
- ✓ Revisión de los atributos de las unidades geomorfológicas de acuerdo con las observaciones de campo.
- ✓ Clasificación definitiva de las unidades según sus características morfoestructurales, morfodinámicos y morfo-cronológicas.

1.1.6 ORIGEN Y EVOLUCIÓN DE LA CUENCA DEL RIO SUCIO ALTO

El origen y evolución de la cuenca del Río Sucio Alto, está enmarcada dentro de un conjunto de fenómenos y procesos de origen endógeno (movimientos tectónicos y levantamientos orogénicos), junto con los fenómenos y procesos exógenos (de origen hidrometeorológico y climático, causantes de los procesos de erosión y sedimentación), que luego formaron los relieves sobre la cordillera Occidental.

El territorio colombiano sufre los efectos de la colisión y movimiento relativo de tres grandes placas de la corteza terrestre: la de Nazca al occidente, la Placa Suramericana al oriente y la Placa Caribe al norte (Figura 47).



PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA RÍO SUCIO ALTO
FASE DE DIAGNÓSTICO

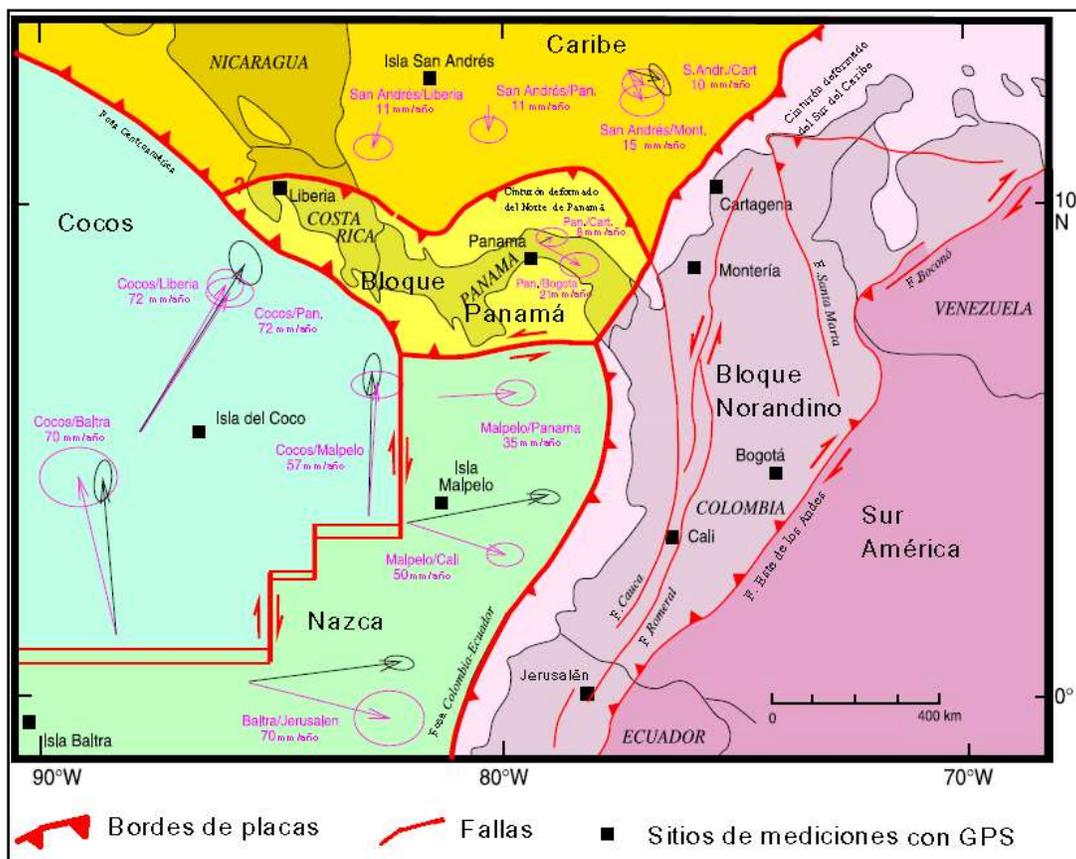
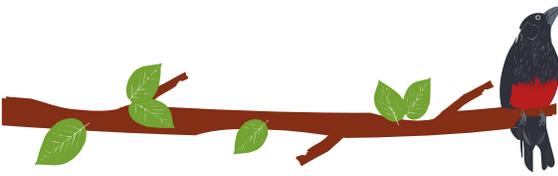


Figura 47. Modelo de colisión de los bloques Norandino y Panamá tomado de (Kellogg, J. N., and Vega, V., 1995), en donde se destacan los vectores de desplazamiento de las placas tectónicas.

En esta región confluyen las mega-placas de Suramérica, Nazca-Cocos y Caribe con varias interpretaciones para la evolución tectónica con el concepto de terrenos pero en general se considera que el occidente colombiano es de placa de afinidad oceánica, de composición supersimática, representada por gabros, basaltos y ofiolitas, en general, separada de la placa continental compuesta de materiales supersiálicos, por el sistema de fallas de Cauca-Romeral, que corre en dirección N-S a lo largo del flanco occidental de la Cordillera Central (Etayo et al., 1983; Toussaint & Restrepo, 1987; Restrepo & Toussaint, 1988; Duque-Caro, 1990; Nivia, 1993, 1998, Gómez y otros 2007).

La Placa Suramericana, ha presentado un movimiento relativo general hacia el occidente desde mediados del Cretácico, producto de la expansión del fondo oceánico de Farallón-Pacífico.





PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA RÍO SUCIO ALTO
FASE DE DIAGNÓSTICO

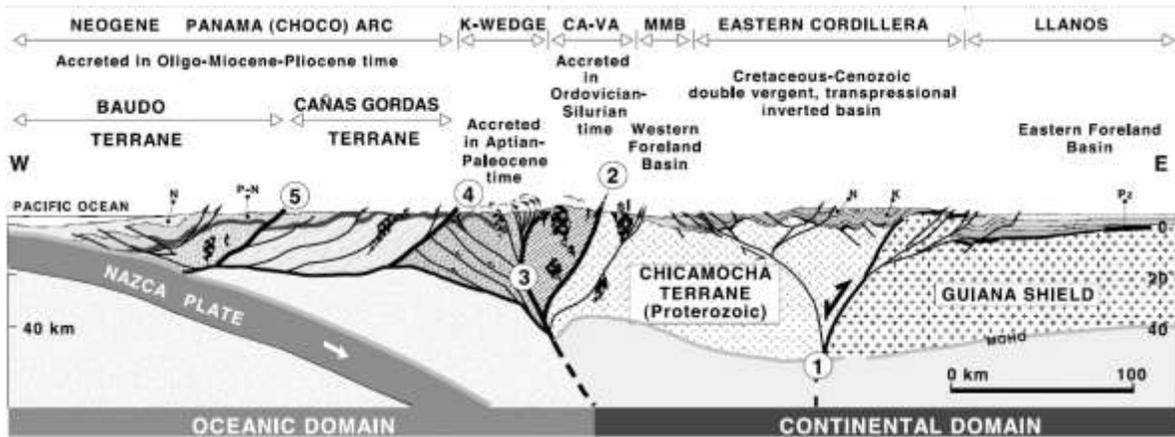


Figura 48. Sección W-E que muestra los sistemas de acreción en el occidente desde el Cretácico al Neógeno, tomado de (Cediél, F., R. P. Shaw, & C. Cáceres, 2003). 1) Falla Santa Marta-Bucaramanga, 2) Falla Palestina, 3) Sistema de Falla Cauca-Romeral, 4) Sistema de Falla Garrapata-Dabeiba y 5) Sistema de Falla Atrato.

Las etapas de evolución geológica en la Cordillera Occidental, en donde se encuentra localizada la cuenca, es muy compleja, tal como se estructuró en el Marco Geológico Regional. El levantamiento (orogenia) del relieve andino se debió a un proceso compresivo, el que además implicó un estrechamiento (acortamiento) en sentido este-oeste con formación de pliegues y de fallas o reactivación de las ya existentes (Figura 48).

Por la compresión que ejercen las placas Suramericana hacia el occidente y la Pacífica hacia oriente (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**), las estructuras resultantes tienen una orientación normal norte sur o SSW-NNE; así se orienta la cordilleras y el plegamiento.



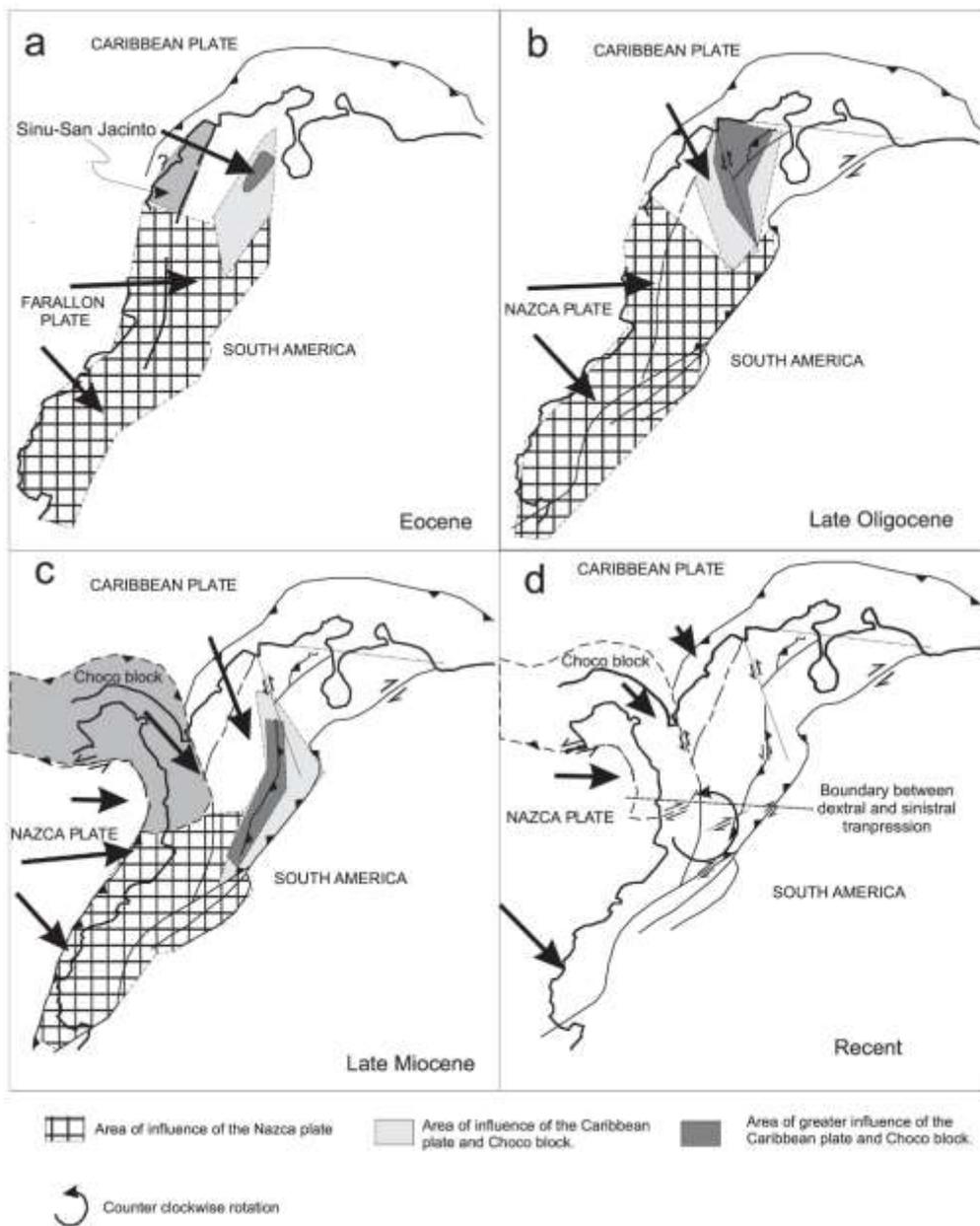
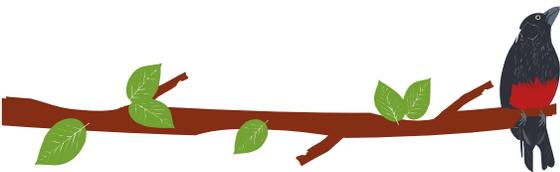
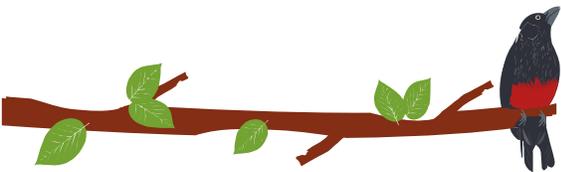


Figura 49. a -c) Reconstrucción esquemática de la margen Andina norte, mostrando con flechas la dirección de influencia de las diferentes placas tectónicas sobre el bloque Andino norte y particularmente sobre el Valle del Magdalena y la Cordillera Oriental durante el Cenozoico. d) Reconstrucción esquemática de la de la deformación actual dentro del bloque Andino. Las Flechas indican la dirección y velocidad aproximada de las capas (Acosta, 2002).

La principal fase de plegamiento y fallamiento ocurrió en el Mioceno Medio a Superior (Fabre, 1983; Van der Hammen, 1958) y afectó, en general, todo el espacio colombiano. Con la orogenia del Plioceno, las estructuras antes formadas se levantaron. El plegamiento afectó la secuencia volcánico-sedimentario, compuesta por una asociación





de bloques caóticos, dispersos, de diferentes edades, entre el Cretáceo Superior y Mioceno, cuyo origen tuvo lugar en Centroamérica, el cual dio origen al Arco de Dabeiba.

La subducción de la corteza oceánica bajo la placa Sudamericana origina una fosa al occidente del arco insular, a lo largo de las actuales depresiones de Cauca-Patía, extendiéndose hacia el N. En el Cretáceo tardío, el desplazamiento de la zona de subducción hacia el W origina la acreción al continente existente, de sedimentos y materiales metamórfico procedentes del proceso de subducción, formando así el corazón de la actual cordillera occidental con fallas de cabalgamiento en el flanco occidental de esta (Vargas. A.C., et al. 2002).

La secuencia de rocas, fue sometida a procesos de deformación tectónica por esfuerzos compresivos, deformaron la secuencia de rocas sedimentaria por la progresiva acción de esfuerzos dirigidos, generando una secuencia plegada que en algunos casos forman estructuras de tipo anticlinal y sinclinal afectadas por procesos de deformación por fallas y fracturas de las rocas sedimentarias expuestas en el área, generando una serie de bloques tectónicos levantados y hundidos, limitados por las distintas fallas actuales.

La configuración de la cuenca actual del Río Sucio Alto Presenta distintos sistemas de terrenos (paisajes), unidades geomorfológicas de distintos orígenes, desarrolladas en los ambientes: estructural, denudacional, fluvial y antrópico. En ella se encuentra un relieve montañoso y colinado denudado desarrollado sobre rocas basálticas (máficas) con algunas intercalaciones de rocas graníticas (básicas), el cual es modelado en gran medida por erosión hídrica fluvial y pluvial, en combinación con procesos de remoción en masa. Hacia la parte oriental el relieve es montañoso alto, asociado a rocas sedimentarias; con una menor pluviosidad y climas menos cálidos y menos húmedo, cuyo modelado ha sido menos intenso.

Finalmente, el relieve conformado ha sido modificado y modelado por la acción del hombre, con procesos tales como la deforestación intensa y descontrolada de las regiones montañosas, que las ha dejado expuestas a intensos procesos de erosión (SGC, MEMORIA EXPLICATIVA DEL MAPA GEOMORFOLÓGICO APLICADO A MOVIMIENTOS EN MASA ESCALA 1:100.000 PLANCHA DE LA PLANCHA 114 DABEIBA DEPARTAMENTOS DE ANTIOQUIA Y CHOCO, 2015). Esto ha generado un proceso desestabilizante del territorio que se manifiesta en la ocurrencia cada vez más frecuente de movimientos en masa de diferente tipo y magnitud.

La morfogénesis general de la región de los procesos antiguos y presentes se sintetiza en la génesis de la morfología existente y se respalda en el Perfil de Morfogénesis Regional (Figura 50), el cual señala las relaciones morfogenéticas básicas entre las distintas subunidades geomorfológicas, el cual incluye los elementos morfoestructurales (fallamiento) con sus respectiva nomenclatura y leyenda.

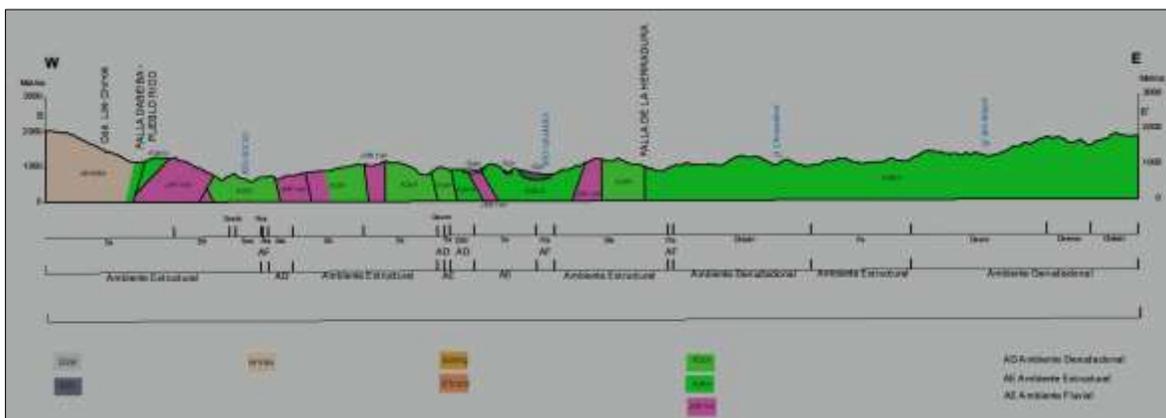
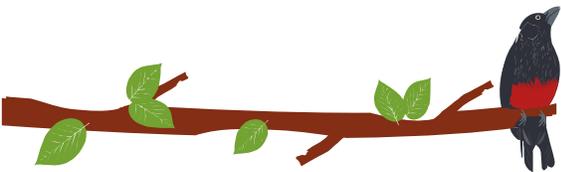


Figura 50. Perfil Geomorfológico de la cuenca Río Sucio Alto. Elaboración propia

Se observa el predominio del ambiente estructural sobre el denudacional de la cordillera Occidental. Las fallas encontradas en el corte Dabeiba-Uramita son de tipo inverso con componente sinextral, las cuales son generadas en un ambiente compresivo.

1.1.7 PRODUCTOS OBTENIDOS

Como producto final se tiene el mapa geomorfológico de la cuenca del Río Sucio Alto (Figura 51) en bloque y por planchas sobre la totalidad del área de la cuenca a escala 1:25.000 junto con la respectiva leyenda.

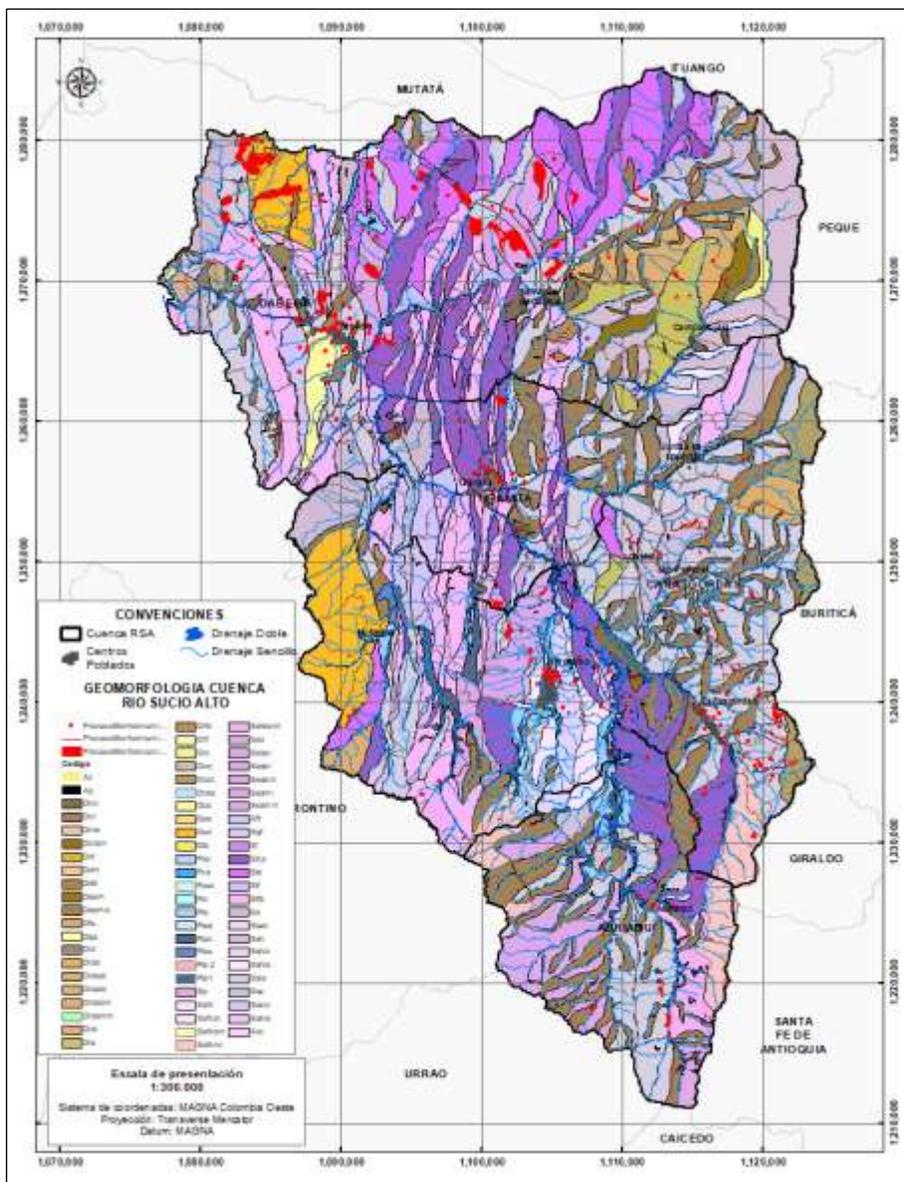
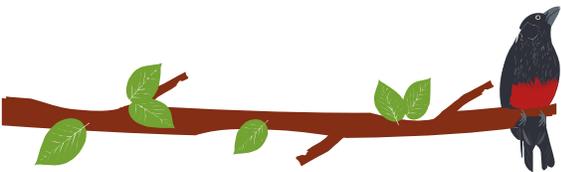
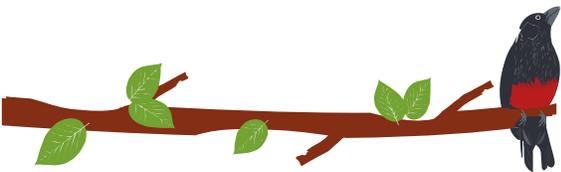


Figura 51. Geomorfología de la cuenca del Río Sucio Alto a escala 1:25.000. Elaboración propia.

El mapa geomorfológico elaborado se constituye en un documento muy valioso de carácter descriptivo-interpretativo que da explicación sobre el origen y distribución de las unidades y subunidades geomorfológicas expuestas en el área de la cuenca. Las unidades y subunidades, se muestran diferenciadas por un símbolo y un código de color de acuerdo con el origen y su relación con la geología y la evolución del relieve, acorde con los procesos morfodinámicos que han actuado sobre los diferentes sistemas o paisajes de acuerdo con los diferentes ambientes morfogenéticos predominantes y desarrolladas sobre la superficie del área de la cuenca del Río Sucio Alto.

Se elaboró una Geodatabase que contiene información de la base de datos; para su manejo con un sistema de información geográfica (SIG), para hacer los cruces de los mapas geomorfológicos con otros mapas temáticos como los de geología, geotecnia,





cobertura e hidrología, para su análisis y aplicación en la zonificación de la susceptibilidad, amenaza y riesgo; y su incorporación en el manejo de la cuenca.

Finalmente, se obtuvo la memoria técnica que acompaña al mapa geomorfológico de la cuenca del Río Sucio Alto, donde se identifican y describen las unidades y subunidades geomorfológicas que fueron identificados durante la fase de interpretación y plasmados en la leyenda del mapa y consignadas en la respectiva Geodatabase.

1.1.8 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se cumplió con el objetivo de la elaboración de la cartografía geomorfológica de la cuenca del Río Sucio Alto, a escala 1:25.000 con el propósito de generar información primaria, concisa y sistemática sobre las unidades y subunidades geomorfológicas expuestas en la cuenca; además de indagar sobre los diferentes fenómenos y procesos antiguos inactivos que han ocurrido en el pasado y los fenómenos y los eventos naturales activos actuales que han incidido en el desarrollo y evolución de los paisajes y unidades geomorfológicas presentes en la cuenca.

El mapa geomorfológico de la cuenca del Río Sucio Alto, fue elaborado con base en la interpretación de diferentes insumos de distinta resolución y de diferentes escalas; por lo que, se constituyen en un documento básico fundamental para ser utilizado como herramienta de apoyo en la zonificación de la susceptibilidad y la amenaza por fenómenos de remoción en masa e inundaciones en el área.

La distribución y descripción, de las unidades geomorfológicas en diferentes sectores de la cuenca, permite hacer una excelente caracterización y evaluación aproximada del comportamiento geomorfológico, para poder explicar y estimar el potencial de ocurrencia de posibles amenazas naturales por eventos de remoción en masa e inundaciones en la cuenca.

Se sugiere prestar atención a los problemas de degradación de los suelos sobre las laderas de mayor pendiente por fenómenos de erosión y compactación de los suelos, que a su vez están generando procesos de inestabilidad sobre las laderas que siguen la misma dirección de la pendiente estructural y en las áreas que han sido deforestadas y utilizadas en el pastoreo de ganado, generando compactación, terracetas y pata de vaca.

