CONVENIO ESPECIAL DE COOPERACIÓN

No. 009 DE 2013

MEMORIA EXPLICATIVA DEL MAPA GEOMORFOLÓGICO APLICADO A MOVIMIENTOS EN MASA ESCALA 1:100.000. PLANCHA 119 – BARRANCABERMEJA, DEPARTAMENTOS DE SANTANDER Y ANTIOQUIA

Bucaramanga, Mayo de 2014

CONVENIO ESPECIAL DE COOPERACIÓN

No 009 DE 2013

MEMORIA EXPLICATIVA DEL MAPA GEOMORFOLÓGICO APLICADO A MOVIMIENTOS EN MASA ESCALA 1:100.000. PLANCHA 119 – BARRANCABERMEJA, DEPARTAMENTOS DE SANTANDER Y ANTIOQUIA

EQUIPO EJECUTOR - UNIVERSIDAD

M.Sc Sait Khurama Velásquez
Dirección Proyecto

M.Sc Francisco Velandia P.
Dirección Técnica Proyecto

Geol. Jorge Leonardo Chaparro C.
Geol. Nelson Ricardo López H.
Geomorfología

Ing. Jeiner Buitrago
Suelos Edáficos

Ing. Nicolás Andrés Bayona
Geol. Nardy Liliana Neiza
Sistema de Información Geográfica

EQUIPO ASESOR – SGC

Ing. Gloria Lucía Ruíz
Supervisión Convenio

Geol. Sofía del Rosario Navarro
Coordinadora Grupo Técnico

Geol. Jorge Arturo Castro
Geol. Harol Gustavo Moya
Ph.D. Mario Andrés Cuellar
Geología y Geomorfología

Ing. Jesús Hernando Sandoval
Ing. Luis Antonio Barrera
Sistema de Información Geográfica

Bucaramanga, Mayo de 2014

CONTENIDO

Pág.

RESUMEN 10
ABSTRACT 12
INTRODUCCIÓN 14
OBJETIVO GENERAL 15
OBJETIVOS ESPECÍFICOS 15
LOCALIZACIÓN 15
METODOLOGÍA APLICADA 17
PROCESO METODOLÓGICO 25
ALCANCES 32
1. CARACTERÍSTICAS GENERALES 33
1.1 CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS GENERALES 33
1.1.1 Unidades Litológicas 34
1.1.2 Geología Estructural 38
1.2 CARACTERÍSTICAS CLIMATOLÓGICAS GENERALES 40
1.3 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS SUELOS 41
2. GEOMORFOLOGÍA DE LA PLANCHA 119 - BARRANCABERMEJA 42
2.1 GEOFORMAS DE ORIGEN DENUDACIONAL 45
2.1.1 Cono o lóbulo coluvial y de solifluxión (Dco) 45
2.1.2 Colina residual (Dcr) 46
2.1.3 Colina residual disectada (Dcrd) 47
2.1.4 Cerro residual (Dcrs) 48
2.1.5 Escarpe de erosión mayor (Deem) 49
2.1.6 Escarpe de erosión menor (Deeme) 50
2.1.7 Glacis de erosión (Dge) 50
2.1.8 Loma denudada (Dld) 51
2.1.9 Lomeríos disectados (Dldi) 52
2.1.10 Loma residual (Dlor) 53
2.1.11 Lomeríos poco disectados (Dlpd) 54
2.1.12 Lomo residual (Dlres) 55
2.1.13 Montículos y ondulaciones denudacionales (Dmo) 57
2.1.14 Planicie (Dp) 59
2.1.15 Planicie colinada denudada (Dpcd) 60
2.1.16 Penillanura o peneplanicie (Dpn) 61

2.1.17 Superficie de erosión o aplanamiento (Dsa) 62
2.2 GEOFORMAS DE ORIGEN FLUVIAL 62
2.2.1 Barra compuesta (Fbc) 62
2.2.2 Barra longitudinal (Fbl) 63
2.2.3 Barra puntual (Fbp) 63
2.2.4 Cauce aluvial (Fca) 63
2.2.5 Complejo de orillales (Fco) 64
2.2.6 Laguna (Flg) 64
2.2.7 Meandro abandonado (Fma) 65
2.2.8 Plano o llanura de inundación (Fpi) 66
2.2.9 Terraza de acumulación (Fta) 67
2.2.10 Escarpe de terraza de acumulación (Ftae) 68
2.2.11 Terraza de acumulación antigua (Ftan) 69
2.2.12 Terraza de acumulación subreciente (Ftas) 70
2.2.13 Terraza de erosión (Fte) 71
2.2.14 Escarpe de terraza de erosión (Ftee) 71
2.3 GEOFORMAS DE ORIGEN MORFOESTRUCTURAL 72
2.3.1 Espolón (Ses) 73
2.3.2 Sierra homoclinal (Ssh) 74
2.3.3 Sierra sinclinal (Sss) 75
2.3.4 Ladera de contrapendiente de sierra sinclinal (Ssslc) 75
2.3.5 Ladera estructural de sierra sinclinal (Sssle) 76
2.4 EVOLUCIÓN GEOMORFOLÓGICA 77
CONCLUSIONES 83
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 85

LISTA DE FIGURAS

Pág.

Figura 1. Localización de Plancha 119-Barrancabermeja VMM en la Cuenca del Valle Medio del Magdalena. Límite entre el Departamento Antioquia y el Departamento de Santander. 16
Figura 2. Esquema de Jerarquización Geomorfológica. (Modificado de SGC, 2012). 19
Figura 3. Patrones de drenaje. (Huggett, 2007; en SGC, 2012). 24
Figura 4. Formato para la recolección de datos geomorfológicos, UIS (2012). 28
Figura 5. Formato para la recolección de información sobre movimientos en masa, SGC (2012). Parte A. 29
Figura 6. Formato para la recolección de información sobre movimientos en masa, SGC (2012). Parte B 30
Figura 7. Flujograma detallado del proceso metodológico seguido en la elaboración de mapas geomorfológicos a escala 1:100.000. 31
Figura 8. Mapa geológico y estructural de la Plancha 119-Barrancabermeja VMM INGEOMINAS (2008). 34
Figura 9. Esquema de perfil de un Cono o Lóbulo Coluvial y de Solifluxión (Dco). Imagen tomada de Vargas y Rodríguez (2009). 46
Figura 10. Colina residual (Dcr) en el sector El Diamante. 47
Figura 11. Colina residual disectada en cercanías a Campo Alegre, vía Albania-La Pradera. 48
Figura 12. Cerro residual en el sector la Llana Caliente en el Municipio de San Vicente de Chucurí (Santander). 49
Figura 13. Escarpe de erosión mayor. Presenta caída de detritos en el sector Aguas Blancas, Bajo Simacota. 50
Figura 14. Escarpe de erosión menor localizado en el sector Siberia. Imagen tomada y modificada de Google Earth. (8/7/2005) Imagen Digital Globe. 51
Figura 15. En rojo se delimita la unidad Glacis de erosión junto al piedemonte observado cerca al corregimiento de Albania en el Municipio de San Vicente de Chucurí (Santander). Imagen tomada y modificada de Google Earth. (8/7/2005) Imagen Digital Globe. 51
Figura 16. Loma denudada, localmente presentan movimientos en masa en la vereda Clavellinas. 52
Figura 17. Lomeríos disectados (Dldi) en el sector La Palmita. Imagen tomada y modificada de Google Earth. (8/7/2005) Imagen Digital Globe. 53

Figura 18. Geoforma de loma residual denudada (Dlor) del sector Paujil. 54
Figura 19. Surcos y cárcavas afectando un lomo residual denudado en la vía Puerto Parra-Bucaramanga. 55
Figura 20. Lomeríos poco disectados (Dlpd) al occidente del sector El Diamante..... 55
Figura 21. Lomo residual observado en el sitio conocido como Campo Diez y Seis en la vereda el Centro del Municipio de Barrancabermeja (Santander).... 56
Figura 22. Geoforma de montículos y ondulaciones denudaciones limitando con llanura de inundación por la vía que conduce de Yarima hacia Albania en el Municipio de San Vicente de Chucurí (Santander). 57
Figura 23. a) Montículos y ondulaciones denudacionales en los alrededores de la Ciénaga La Represa, b) detalle de la reptación de suelos y las terracetas de pastoreo. 58
Figura 24. Extensa Planicie observada en la vereda Guayabal en el Municipio de Simacota (Santander) con pastos como principal cobertura vegetal y uso ganadería..... 60
Figura 25. Planicie colinada en el sector Zarzal La Gloria. 60
Figura 26. Perfil topográfico de la unidad penillanura elaborado con el Modelo Digital de Elevación en ArcGIS. Se observa unas ligeras ondulaciones en el terreno, las cuales tiene una altura alrededor de los 10m..... 61
Figura 27. Superficie de erosión o aplanamiento (Dsa). Foto tomada y modificada de Google Earth. (8/7/2005) Imagen Digital Globe. 62
Figura 28. Cauce del río Magdalena, visto desde el puente que une los departamentos de Santander y Antioquia 64
Figura 29. Ciénaga San Silvestre (Flg), al norte de Barrancabermeja y llanura de inundación (Fpi). 65
Figura 30. Meandros abandonados (Fma) por el río Opón (Fca). Imagen tomada y modificada de Google Earth. (12/31/1969) Image U.S. Geological Survey..... 66
Figura 31. Llanura de inundación (Fpi) del río Cascajales observado en la vereda Clavellinas del Municipio del Carmen de Chucuri (Santander). Al fondo se observan montículos y ondulaciones denudacionales (Dmo)..... 67
Figura 32. Cauce aluvial del río Magdalena (Fca) en área de Barrancabermeja. Se observan barras puntuales (Fbp), barras compuestas (Fbc) y barras longitudinales (Fbl) asociadas al cauce activo del río Magdalena. También, la unidad geomorfológica Laguna (Flg); la más grande correspondiente a la Ciénaga de San Silvestre. Imagen modificada de Terracolor, Earthstar Geographics (1/15/1999). 67
Figura 33. Terraza de Acumulación observada en el Km 5 de la vía a la ciudad de Bucaramanga en el Municipio de Barrancabermeja (Santander)..... 68
Figura 34. Escarpe de terraza de acumulación (Ftae) de 50m de altura, bordeando una terraza antigua. También se observa la llanura de inundación (Fpi) al margen derecho del río Cascajales y la terraza de erosión (Fte) en

donde se encuentra Yarima. Foto tomada y modificada de Google Earth. (8/7/2005) Imagen Digital Globe. 69
Figura 35. En rojo se marca la base del escarpe de terraza de acumulación (Ftae) observada por la vía que conduce de la Vereda Cuatro Bocas a La Vereda El Centro en el Municipio de Barrancabermeja (Santander). Se observa reptación de suelos. 69
Figura 36. Terraza de acumulación antigua observada mediante imagen satelital en la Vereda Clavellinas del Municipio de San Vicente De Chucuri (Santander). Foto tomada y modificada de Google Earth. (8/7/2005) Imagen Digital Globe..... 70
Figura 37. Delimitada en rojo la Terraza de acumulación subreciente (Ftas) en el sector conocido como Altamira. Imagen tomada y modificada de Google Earth (7/23/2014). Imagen CNES / Astrium. 71
Figura 38. En amarillo la terraza antigua (Ftan) y en rojo la terraza de erosión (Fte) en la que se encuentra el corregimiento Yarima. Foto tomada y modificada de Google Earth. (8/7/2005) Imagen Digital Globe. 72
Figura 39. Delimitado en rojo la terraza de erosión (Fte) y escarpe de terraza de erosión (Ftee) observada a los alrededores de la vereda Yarima del Municipio de San Vicente de Chucuri. También se observa una llanura de inundación (Fpi). Foto tomada y modificada de Google Earth. (8/7/2005) Imagen Digital Globe. 72
Figura 40. Espolones (Ses). En color naranja se delimitan los diferentes espolones y en rojo la sección aflorante. Imagen modificada de Google Earth. (6/9/2009)..... 73
Figura 41. Delimitada en rojo la sierra homoclinal, que hace parte de la estructura Sinclinal Nuevo Mundo (delimitado en color naranja). En el flanco W del sinclinal, la ladera de contrapendiente de sierra sinclinal (Ssslc) (color amarillo). Imagen modificada de Google Earth. (12/31/1969). 74
Figura 42. Sierra Sinclinal (Sss) observada desde la Llana Fría de San Vicente de Chucurí (Santander) y planicie o llanura de inundación (Fpi)..... 75
Figura 43. Delimitada en color amarillo la ladera de contrapendiente de sierra sinclinal (eje en rosado), asociada al flanco occidental del Sinclinal de Nuevo Mundo. Imagen tomada y modificada de Google Earth. (12/31/1969) Image U.S. Geological Survey. 76
Figura 44. En rojo se delimita la ladera estructural (Sssle) y en amarillo la ladera de contrapendiente de sierra sinclinal (Ssslc). En negro se representa la tendencia estructural de los estratos. Imagen tomada y modificada de Google Earth. (12/31/1969) Image U.S. Geological Survey. 77
Figura 45. Bloque diagrama del sector oriental de la Plancha 119-Barrancabermeja en donde se observan las principales unidades geomorfológicas y su relación con la geología..... 82

LISTA DE TABLAS

Pág.

Tabla 1. Rangos de intervalos de altura o relieve relativo (SGC, 2012) 22
Tabla 2. Rangos de inclinación de la ladera (SGC, 2012) 22
Tabla 3. Rango de longitud de la ladera (SGC, 2012) 23
Tabla 4. Rangos de forma de ladera (SGC, 2012) 23
Tabla 5. Forma de crestas y valles (SGC, 2012) 24
Tabla 6. Cuadro de unidades geomorfológicas de la Plancha 119-Barrancabermeja VMM, con su área y porcentaje en el área total..... 43

LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Cartera de Campo

RESUMEN

En esta memoria técnica explicativa del mapa de unidades geomorfológicas de la Plancha 119-Barrancabermeja a escala 1:100.000, se describen las características de las unidades que integran el paisaje, presentes en los municipios de Yondó en el departamento de Antioquia, Barrancabermeja, San Vicente de Chucurí, Simacota, Puerto Parra y El Carmen de Chucurí, pertenecientes al departamento de Santander. Para esto, se adoptó la "*Propuesta metodológica sistemática para la generación de mapas geomorfológicos analíticos aplicados a la zonificación de amenaza por movimientos en masa escala 1:100.000*" (SGC, 2012) que tiene en cuenta los atributos de morfometría, morfogénesis y morfodinámica.

En el área de estudio, se identificaron tres ambientes morfogenéticos responsables del modelado de las geoformas presentes: el ambiente estructural donde las características morfológicas del terreno se deben principalmente a la dinámica interna de la Tierra, el ambiente denudacional donde predominan los efectos de los procesos de meteorización y erosión y un ambiente fluvial - lagunar asociado a la dinámica de los ríos y sus procesos de erosión y depositación. En total se identificaron 36 unidades geomorfológicas asociadas a estos ambientes.

Al ambiente estructural se asocian 5 unidades geomorfológicas y cubre un 2,73% del área, éstas se localizan principalmente en la parte oriental de la plancha en la Provincia estructural denominada Piedemonte occidental de la Cordillera Oriental y se asocian a las formaciones sedimentarias del Cretácico las cuales se encuentran plegadas y falladas. En el ambiente denudacional, que abarca un 64,87% del área, se identificaron 17 unidades, las cuales se localizan en las provincias Occidental VMM y Central VMM, su 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, geológicamente se presentan en las unidades Cenozoicas y en menor medida, en la Formación Umir del Cretácico. Al ambiente Fluvial - Lagunar se asocian 14 unidades, que comprenden el 32,39% del área; estas unidades son el resultado de la dinámica de los principales ríos y quebradas de la zona, entre ellos los ríos Magdalena, Cascajales, Opón y La Colorada.

La expresión geomorfológica actual es el resultado acumulado de una serie de eventos naturales que han modificado el relieve. Los procesos tectónicos que han originado fallas, sinclinales y anticlinales formados durante la tectónica compresiva del Paleoceno-Mioceno fueron exhumados dando lugar a espolones, sierras sinclinales y anticlinales que posteriormente fueron afectadas por la intensa erosión, definiendo un ambiente denudativo caracterizado por un relieve relativo muy bajo, en donde los pliegues y cabalgamientos ya no presentan una clara expresión geomorfológica; quedando solo una estrecha zona al este de la Falla de La Salina, en donde las estructuras geológicas han resistido la erosión, definiendo el ambiente estructural. Con el levantamiento orogénico se originó una red de drenaje que fluye desde los flancos de la Cordillera Oriental, alimentando al río Magdalena. Como resultado de la dinámica hídrica se ha originado un ambiente fluvial en el que las principales geoformas corresponden a los cauces de los principales ríos, terrazas aluviales y llanuras de inundación formadas por eventos de inundación, erosión, profundización y migración de los ríos.

La geomorfología aplicada es una herramienta estratégica para la evaluación y proyección del comportamiento del terreno ya que está enfocada hacia la clasificación del relieve para lograr la agrupación de los materiales naturales (rocas y suelos) en unidades con características similares y un origen común, siendo las geoformas la expresión topográfica resultante de los agentes endógenos y exógenos que han ido modelado el paisaje, es por ello que el mapa geomorfológico constituye el insumo básico en la zonificación de amenaza relativa por movimientos en masa.

ABSTRACT

This technical explanatory report of the geomorphological units map of the sheet 119-Barrancabermeja VMM, scale 1:100,000, describes the characteristics of various units that make up the landscape, and are present in the Municipality of Yondó in the Department of Antioquia, Santander and El Limón County. To do this, the "*Propuesta metodológica sistemática para la generación de mapas geomorfológicos analíticos aplicados a la zonificación de amenaza por movimientos en masa escala 1:100.000*" (SGC, 2012) was adopted and takes into account the attributes of morphometry, morphogenesis and morphodynamic.

In the area of study, we identified tree different morphogenetic environments responsible for the modeling of the present landforms: The morphostructural environment where the morphological characteristics of the field are mainly due to the internal dynamics of the Earth, the denudational environment where the effects of the processes of weathering and erosion prevail, the fluvial-lagoon environment associated with the dynamics of the rivers and their processes of erosion and deposition. In total 36 geomorphological units were identified associated to these environments.

The morphostructural environment is associated to 5 units, and covers a 2.73% of the area. These landforms are located primarily in the eastern part of the study area, in structural province called Western foothills of the Cordillera Oriental and are associated Cretaceous sedimentary formations, which are folded and faulted. In the denudational environment which covers a 64.87% of the area, 17 units were identified which are located in the Western and Central provinces VMM, its morphological expression is defined by the combined action of moderate and strong processes of weathering, erosion and transport of gravitational and storm origin, who have remodeled and left remnants of pre-existing landforms, geological presented in the Cenozoic units and to a lesser extent, the Cretaceous Formation Umir. The fluvial-lagoon environment is associated to 14 units, and covers a 32.39% of the area; these units are results of main rivers and creeks dynamic of the zone: Magdalena, Cascajales, Opón and La Colorada rivers.

The current geomorphological expression is the cumulative result of a series of natural events that have changed the topography. Tectonics processes, which

have led to faults, synclines and anticlines formed during the compressive tectonic Paleocene-Miocene were exhumed leading to spurs, synclines and anticlines ranges which were subsequently affected by intense erosion, defining a denudativo environment characterized by a relief on very low, where the folds and thrusts no longer have a clear geomorphological expression; leaving only a narrow area east of the fault of La Salina, where the geological structures have resisted to erosion, defining the structural environment. Because the orogenic uplift leading to drainage network was originated from the flanks of the Cordillera Oriental, feeding the Magdalena river. As a result of the water dynamics has led to a fluvial environment in which the major landforms correspond to the channels of major rivers, alluvial terraces and flood plains formed by flood events, erosion, deepening and rivers migration.

The applied geomorphology is a strategic tool for the assessment and projection of the behavior of the land because it is focused on the classification of the relief in order to achieve the grouping of natural materials (rocks and soil) into units with similar characteristics and a common origin, being the landforms the ground response to the act of the erosive agents. That is why the resulting geomorphological map constitutes the basic input in the zoning of mass movements' relative threat.

INTRODUCCIÓN

A través del tiempo geológico, el relieve terrestre ha ido cambiando y evolucionando, en función de los factores que lo afectan, y en épocas más recientes, uno de los que más han contribuido con dichos cambios es la intervención del hombre.

Factores naturales tales como la lluvia, la influencia de fallas geológicas, la erosión, entre otros, sumados a factores antropogénicos que incluyen la deforestación, la explotación irresponsable de recursos minerales, el sobrepastoreo y otros usos inadecuados del suelo, han contribuido a modificar el paisaje del territorio colombiano, lo que conlleva al desarrollo de zonas de inestabilidad, que dan paso a los movimientos en masa, en diferentes formas y magnitudes; consideradas como amenazas, ya que han producido (y producen) perdidas económicas y de vidas humanas en gran magnitud.

Por esta razón, el Servicio Geológico Colombiano (SGC), en convenio con la Universidad Industrial de Santander (UIS) por medio del Convenio Especial de Cooperación número 009 de 2013, emprendieron la labor de realizar la Zonificación de Amenaza Relativa por Movimientos en Masa a escala 1:100.000, para el bloque 5, que comprende las planchas 109-Rionegro, 110-Pamplona, 111-Toledo, 119-Barrancabermeja, 121-Cerrito, 133-Puerto Berrío 134-Puerto Parra, 136-Málaga, 137-El Cocuy y 153-Chita; lo que en un futuro ayudará a la toma de decisiones en cuestiones de ordenamiento territorial, con la subsecuente priorización de recursos para la mitigación de los daños a causa de este tipo de fenómenos en dichas zonas.

Como base fundamental para la realización de este tipo de cartografía por amenaza relativa, se genera el mapa geomorfológico de la zona, siguiendo la *Propuesta Metodológica Sistemática para la Generación de Mapas Geomorfológicos Analíticos Aplicados a la Zonificación de Amenaza, Escala 1:100.000* (SGC, 2012*)*; en donde se incluyen los parámetros de morfometría, morfodinámica y morfogénesis que permiten la valoración y calificación de las unidades geomorfológicas identificadas, y que a su vez sintetizan las situaciones de inestabilidad (generadoras de susceptibilidad) y las situaciones eventuales que actúan como detonante en el desencadenamiento de la amenaza.

A continuación se presenta la *Memoria Técnica Explicativa del Mapa Geomorfológico Aplicado a la Zonificación de Amenaza por Movimientos en Masa Escala 1:100.000. Plancha 119-Barrancabermeja, Departamentos de Santander y Antioquia*.

OBJETIVO GENERAL

Generar el mapa de unidades geomorfológicas a escala 1:100.000 y su respectiva memoria explicativa con base en la Propuesta Metodológica Sistemática para la generación de mapas geomorfológicos analíticos aplicados a la zonificación de amenaza propuesta por el SGC, que servirá como base fundamental en la elaboración del mapa de susceptibilidad y la zonificación de la amenaza relativa por movimientos en masa.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Elaboración del mapa de unidades Morfogenéticas a partir del análisis e interpretación de sensores remotos (mapas de sombras, pendientes e imágenes satelitales).
- Refinar y ajustar las unidades Morfogenéticas interpretadas con base en datos de campo.
- Elaborar la memoria explicativa de los ambientes y unidades Morfogenéticas cartografiadas para la Plancha 119-Barrancabermeja.
- Realizar la interpretación de la evolución Geomorfológica del área de estudio como parte de la memoria explicativa y generar un Bloque-diagrama que ilustre las geoformas presentes en la zona.

LOCALIZACIÓN

La Plancha 119-Barrancabermeja comprende 2.400 km^2, encuadrándose el sector del Valle Medio del río Magdalena en la vertiente occidental de la Cordillera Oriental y comprende su piedemonte (Ver Figura 1). El área es atravesada por la principal arteria fluvial nacional, el río Magdalena el cual define el límite entre el departamento de Antioquia y el departamento de Santander.

La zona está limitada en Datum Magna Sirgas origen en la zona Bogotá (Central) por las coordenadas:

NW: X: 1.000.000 – Y: 1.280.000 NE: X: 1.280.000 – Y: 1.280.000

SW: X: 1.000.000 – Y: 1.240.000 SE: X: 1.060.000 – Y: 1.240.000

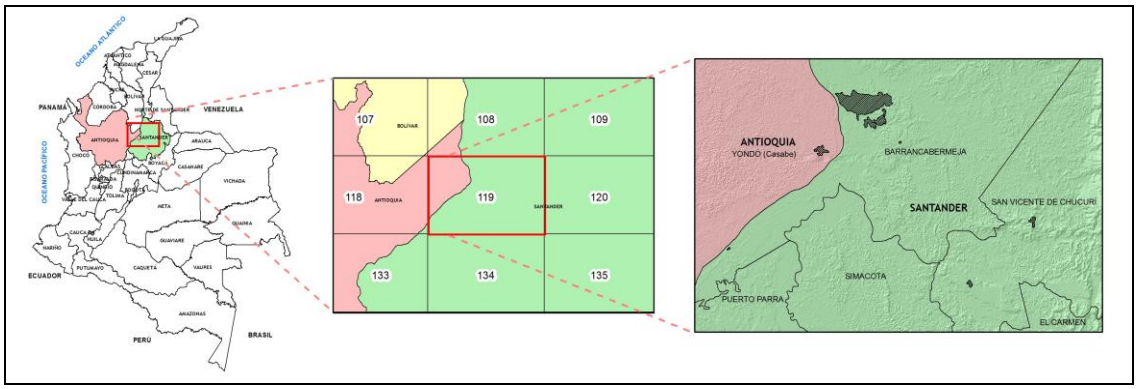


Figura 1. Localización de Plancha 119-Barrancabermeja VMM en la Cuenca del Valle Medio del Magdalena. Límite entre el Departamento Antioquia y el Departamento de Santander.

El Municipio petrolífero de Yondó, se encuentra en la ribera occidental del río Magdalena, en el Departamento de Antioquia, el municipio tiene 1.880 Km^2, de los cuales 467 Km^2, se enmarcan en el área comprendida por el área de estudio. Para llegar a Yondó, se puede pasar por Barrancabermeja (Santander) o por Puerto Berrío hacia Medellín. Presenta una temperatura promedio de 30°C con precipitaciones que varían de 2.150-2.156 mm/año. Tiene 13.475 habitantes. Según los indicadores del 2008. (Municipio Yondó, 2008). El Municipio de Yondó tiene propuesta la meta de reducir el agotamiento de recursos naturales y la degradación de la calidad del medio ambiente, también, se ha propuesto el mejoramiento de la vivienda en asentamientos humanos precarios y en riesgo. Según la rendición de cuentas para ODMs (Alcaldía de Yondó, 2014).

Los municipios de Barrancabermeja, San Vicente de Chucurí, Simacota, Puerto Parra y El Carmen de Chucurí, se encuentran al este del río Magdalena, en el departamento de Santander. El Municipio de Barrancabermeja, sede de la refinería más grande del país, de la empresa Ecopetrol, se encuentra rodeado por varias ciénagas y quebradas, siendo la más destacada la Ciénaga de San Silvestre, el Municipio tiene 1.154 km^2, representados en el área de estudio por 831 km^2, Su temperatura varía entre 26-32°C y una precipitación media anual de 2.675 mm/año según Programa de Meteorología Aeronáutica del IDEAM, presenta como principales arterias viales, la avenida del ferrocarril, avenida Circunvalar, avenida Vergara, Avenida 56, Avenida 52 y La ruta del Sol. El Municipio tiene 191.718 habitantes, según los datos del Censo del DANE de 2005. En el 2012, Barrancabermeja invirtió aproximadamente, $154.000.000.oo en la actualización de su Plan de Ordenamiento Territorial, según la rendición de cuentas de la alcaldía municipal del 2012 (Alcaldía Barrancabermeja).

El Municipio de San Vicente de Chucurí, tiene 1.195 km^2, la mayor parte rural, y en el área de estudio, se encuentran, 586 km2. Presenta una temperatura promedio de 27°C y una precipitación media anual de 2.000-4.000 mm/año. En cuanto a la conectividad, cuenta con la malla vial urbana y la vía circunvalar periférica que comunica las salidas de las carreteras intermunicipales hacia Bucaramanga y Barrancabermeja. Según el Plan de desarrollo municipal 2012-2015. *(*Alcaldía San Vicente de Chucurí*)*. El Municipio elaboró en el 2012 su plan de ordenamiento territorial.

El Municipio de Simacota, tiene 1.413 km2, de los cuales, 332 km2, del norte del Municipio están en el área de estudio. Presenta una temperatura media de 22°C y precipitación de 2.210 mm/año, la cabecera municipal se comunica mediante la red vial principal del departamento, la troncal de la Paz y la vía férrea *(*Alcaldía Simacota*)*.

El Municipio de Puerto Parra, aparece en el área de estudio, con 133 km^2 rurales y el Carmen de Chucurí con 58 km^2 rurales.

METODOLOGÍA APLICADA

Para la realización del mapa geomorfológico correspondiente a la Plancha 119-Barrancabermeja VMM, a escala 1:100.000 se siguió la metodología descrita a continuación, la cual toma como referencia la *Propuesta Metodológica Sistemática para la Generación de Mapas Geomorfológicos Analíticos Aplicados a la Zonificación de Amenaza*, *Escala 1:100.000* (SGC, 2012).

A. Jerarquización geomorfológica

Esta metodología emplea la jerarquización del International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation (I.T.C, por sus siglas en inglés) encontrada en su documento *El sistema I.T.C para levantamientos geomorfológicos* (Verstappen y Van Zuidam, 1992), adoptada por INGEOMINAS (ahora Servicio Geológico Colombiano) en el 2002; Esto relaciona las escalas de trabajo con las jerarquías geomorfológicas, en donde el nivel más regional busca representar el origen de las geoformas y los ambientes morfogenéticos asociados, mientras que el nivel más detallado muestra las expresiones morfológicas, los procesos morfodinámicos y la influencia de la litología además de los ambientes morfogenéticos (ver Figura 2).

La jerarquía de las unidades geomorfológicas, con base al documento del SGC (2012) se definen así:

- Geomorfoestructuras (escala <1:2.500.000 a >1:1.000.000)

Se refieren a grandes espacios -sean continentales o intercontinentales- que se caracterizan por estructuras regionales, que incluyen cratones, escudos, plataformas, grandes cuencas, cinturones orogénicos y valles en rift.

- Provincia Geomorfológica (escala 1:1.000.000 a 1:500.000)

Regiones que presentan geoformas parecidas, definidas a nivel regional. Localmente abarcan las regiones naturales y terrenos geológicos de Colombia, los cuales están delimitados por fallas de importancia regional -definidas o inferidas. Incluyen los cinturones montañosos, llanuras, peneplanicies, cordilleras y serranías.

- Región Geomorfológica (Escala 1:250.000 A 1:500.000)

Involucra a las geoformas relacionadas a la génesis de los paisajes, y definidas por un marco de ambiente morfogenético definido y afectados por procesos dinámicos parecidos. Aquí se pueden agrupar áreas equivalentes a vertientes que estén contenidas dentro de una provincia geomorfológica y que representen un ambiente morfogenético particular con condiciones climáticas homogéneas.

- Unidades geomorfológicas (escala 1:50.000 a 1:100.000)

Definidas como una geoforma individual genéticamente homogénea, generada por un proceso geomórfico construccional o destruccional de un ambiente geomorfológico particular. Corresponde a los elementos básicos que componen un paisaje o modelo geomorfológico, los cuales están definidos con criterios genéticos, morfológicos y geométricos en función de la escala del proceso natural que lo conformó.

- Subunidad geomorfológica (escala 1:10.000 a 1:25000)

Definida por contrastes morfométricos y morfológicos que relacionan el tipo de material y la disposición estructural de los mismos. Se encuentran asociadas a procesos morfodinámicos actuales de meteorización, erosión, transporte y acumulación bien definidos.

- Componente o elemento geomorfológico (escala 1:2.000 a 1:10.000)

Representa el máximo nivel de detalle. Abarca los rasgos del relieve (escarpes naturales o antropogénicos, relieves internos de laderas o flancos, crestas, formas de valle, etc.) que se definen en sitios puntuales, determinados por la morfometría detallada del terreno en una subunidad geomorfológica; también puede estar definida por micro-relieves asociados a una característica litológica.

Teniendo en cuenta la jerarquización y considerando que la escala del presente trabajo es 1:100.000 se tomó como elemento fundamental la *Unidad Geomorfológica*, especificada y clasificada desde un punto de vista morfogenético, por medio de las cuales se pueden separar cada uno de los ambientes geomorfológicos particulares. Esta unidad básica se utilizó para la generación del mapa geomorfológico que es un insumo de la zonificación de la amenaza por movimientos en masa a escala 1:100.000 (Figura 2).

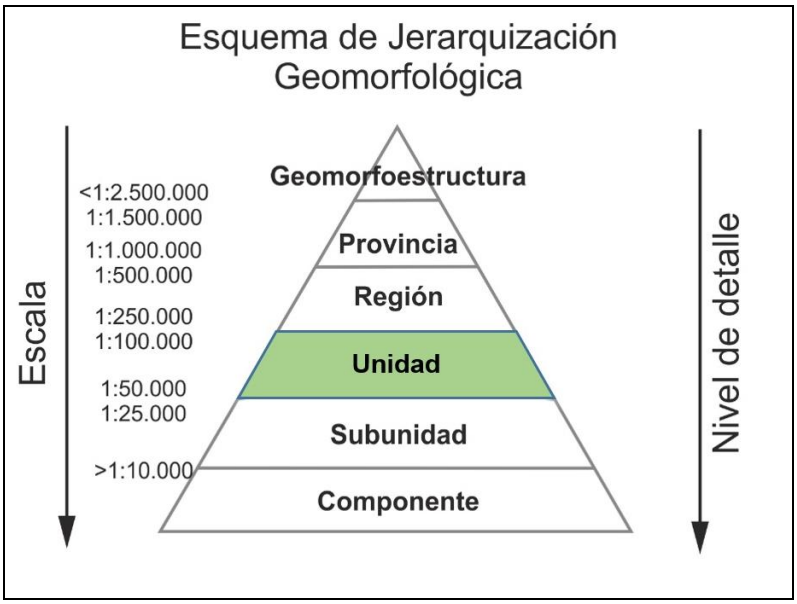


Figura 2. Esquema de Jerarquización Geomorfológica. (Modificado de SGC, 2012).

La cartografía o análisis geomorfológico en base a *Unidades Geomorfológicas* tiene como alcance la reconstrucción de la historia antigua, presente y futura (Génesis, procesos y edad) del relieve de una región en particular (Carvajal, 2011). A su vez es aplicable a la evaluación ambiental y planes de ordenamiento territorial y particularmente al manejo de tierras, zonificaciones geotécnicas y sísmicas de ciudades, planificación del desarrollo de recursos, planificación en el uso de tierras, planificación de proyectos y a la política de riesgos naturales (Slaymaker, 2001, citado por Carvajal, 2011).

Dentro de las limitantes esta que la identificación de las formas del relieve se ha basado normalmente en su génesis de formación y la morfología, por lo tanto, los mecanismos de generación, difícilmente se pueden separar (SGC, 2012). Además, debido a la escala de trabajo parte de la información morfológica del terreno que no alcanza las dimensiones necesarias para ser cartografiada, puede llegar a ser desaprovechada.

B. Ambientes morfogenéticos

Para describir correctamente las unidades geomorfológicas que conforman a su vez el mapa geomorfológico a escala 1:100.000, es necesario definir que es un ambiente morfogenético y cuáles son los que se pueden encontrar en una zona determinada.

Una geoforma es una superficie terrestre con características morfológicas distintivas, definidas en su desarrollo por un proceso en particular, que deja reflejada una configuración típica de cada ambiente (M.O.P.T, 1990, citado por SGC, 2012); mientras que un ambiente morfogenéticos agrupa las condiciones físicas, químicas, climáticas y bióticas bajo las cuales se originaron las geoformas (SGC, 2012).

- Ambiente Antropogénico: Es el resultado de la intervención del hombre en unidades geomorfológicas preexistentes, el cual incluye principalmente construcciones civiles y actividades económicas que modifiquen el paisaje como los procesos de extracción minera (SGC, 2012). El color que representa este tipo de ambiente está entre la gama del marrón (SGC, 2013).

- Ambiente Cárstico: La expresión geomorfológica de este ambiente se caracteriza por el modelado de rocas a base de minerales solubles en agua (caliza, dolomía, yeso) afectadas por meteorización química (SGC, 2012). En la cartografía geomorfológica este tipo de ambiente es representado con la gama del color naranja (SGC, 2013).
- Ambiente Denudacional: Determinado por la actividad de procesos exógenos de meteorización, procesos erosivos hídricos y por fenómenos de transporte o de remoción en masa actuantes sobre geoformas pre-existentes (SGC, 2012). Se identifica con la gama de colores entre amarillo y marrón en la cartografía (SGC, 2012).
- Ambiente Eólico: Es característico de regiones desérticas donde el agente modelador predominante es el viento, el cual actúa sobre los procesos de fragmentación, transporte y depósito de partículas de diferentes tamaños (SGC, 2012). En la cartografía geomorfológica este tipo de ambiente es representado con la gama del color amarillo (SGC, 2012).
- Ambiente Fluvial y Lagunar: Corresponde a las geoformas generadas por los procesos relacionados con la actividad fluvial (SGC, 2012). Se identifica con la gama color azul en la cartografía (SGC, 2012).
- Ambiente Glacial: Abarca todas las geoformas originadas a partir de los procesos de erosión, transporte y depositación que llevan a cabo las

masas de hielo ubicadas en regiones altas en épocas glaciales o en la actualidad (SGC, 2012). En la cartografía geomorfológica este tipo de ambiente es representado con la gama del color gris (SGC, 2012).

- Ambiente Marino-Costero: Este ambiente es el resultado de la interacción entre agentes erosivos propicios de las regiones litorales con los macizos rocosos aflorantes, estructuras arrecifales y depósitos aluviales y marinos. Los agentes erosivos incluyen la acción de la marea y el oleaje incluyendo los altos niveles de meteorización física y química comunes en zonas costeras. En la cartografía geomorfológica este tipo de ambiente es representado con la gama del color verde (SGC, 2012).
- Ambiente Morfoestructural: Corresponde a las geoformas generadas por la dinámica interna de la tierra (procesos endógenos), especialmente las asociadas a plegamientos y fallamientos. Incluye el ambiente neotectónico (Geoformas originadas por la actividad tectónica activa y que se ha prolongado durante el Cuaternario) (SGC, 2012). El color utilizado en la cartografía para identificar este ambiente incluye la gama del rosado y púrpura (SGC, 2012).
- Ambiente Volcánico: Es el resultado de la dinámica interna de la tierra expresada en erupciones efusivas e intrusiones submagmáticas, cuyas unidades geomorfológicas se caracterizan por tener expresiones topográficas suaves (SGC, 2012). Este ambiente se identifica con la gama del color rojo (SGC, 2012).

C. Otros conceptos necesarios

A continuación se definen otros conceptos necesarios para la realización del mapa geomorfológico a escala 1:100.000 de la Plancha 119 - Barrancabermeja, con base a la Propuesta Metodológica Sistemática para la Generación de Mapas Geomorfológicos Analíticos Aplicados a la Zonificación de Amenaza, Escala 1:100.000 *(SGC, 2012)*.

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

Tabla 1. Rangos de intervalos de altura o relieve relativo (SGC, 2012)

	DESCRIPCION DEL RELIEVE	RESISTENCIA RELATIVA DEL MATERIAL
< 50m	Muy bajo.	Materiales muy blandos y erosionables.
50 – 250 m	Bajo.	Blando erosionable.
250 – 500 m	Moderado.	Moderadamente blando y erosión alta.
500 – 1000 m	Alto.	Resistente y erosión moderada.
1000 – 2500 m	Muy alto.	Muy resistente y erosión baja.
> 2500 m	Extremadamente alto.	Extremadamente resistente y erosión muy baja.

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

Tabla 2. Rangos de inclinación de la ladera (SGC, 2012)

INCLINACION (Grados)	DESCRIPCION	CARACTERISTICAS DEL MATERIAL Y COMPORTAMIENTO
< 5	Plana a suavemente inclinada.	Muy blanda y muy baja susceptibilidad a movimientos en masa (MM).
6 – 10	Inclinada.	Blanda y baja MM.
11 – 15	Muy Inclinada.	Moderadamente Blanda y Moderada susceptibilidad a MM.
16 – 20	Abrupta.	Moderadamente Resistente y Moderada susceptibilidad a MM.
21 – 30	Muy abrupta.	Resistente y Alta susceptibilidad a MM.
31 - 45	Escarpada.	Muy Resistente y Alta susceptibilidad a MM.
> 45	Muy Escarpada.	Extremadamente Resistente, baja susceptibilidad a MM.

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

Tabla 3. Rango de longitud de la ladera (SGC, 2012)

LONGITUD (metros)	DESCRIPCION
< 50m	Muy corta.
50 – 250 m	Corta.
250 – 500 m	Moderadamente larga.
500 – 1000 m	Larga.
1000 – 2500 m	Muy larga.
> 2500 m	Extremadamente larga.

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

Tabla 4. Rangos de forma de ladera (SGC, 2012)

CLASE	CARACTERISTICAS MATERIAL	MOVIMIENTOS EN MASA ASOCIADOS
RECTA	Alta resistencia y disposición estructural a favor de la pendiente.	Movimiento Traslacional.
CONCAVA	Material blando y disposición estructural no diferenciado.	Deslizamiento Rotacional.
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

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

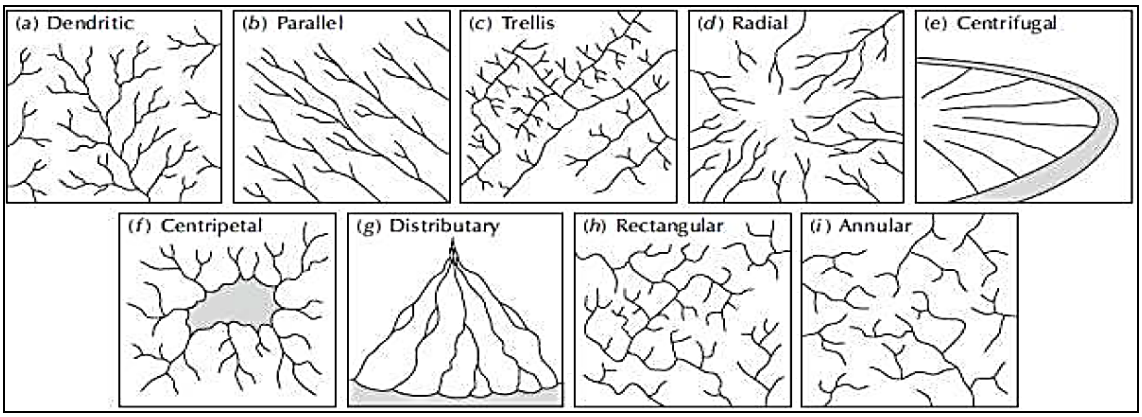


Figura 3. Patrones de drenaje. (Huggett, 2007; en SGC, 2012)

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

Tabla 5. Forma de 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	

- Morfogénesis: Implica la definición del origen de las formas del terreno, es decir, las causas y procesos que dieron lugar a la forma del paisaje. El origen del paisaje depende de los procesos endogenéticos que lo crean y la modificación de los agentes exogenéticos (agua, viento, hielo), que actúan sobre la superficie terrestre en diferentes proporciones e intensidades, y durante intervalos de tiempos geológicos, modelando el terreno.

- Morfoestructura y Litología: indica el modelado del relieve, según composición, disposición y dinámica interna de la tierra.

  La morfoestructura incide en el modelado del paisaje según: condición pasiva que tiene en cuenta las formas resultantes de los procesos o deformaciones tectónicas (activas o inactivas) expresadas en el relieve de la superficie terrestre, con dimensiones y configuraciones variables; y la condición activa que corresponde a los procesos morfogenéticos endógenos asociados tanto a la deformación como al fracturamiento tectónico.

- Morfodinámica: es la parte de la geomorfología que trata de los procesos geodinámicos externos (principalmente denudativos), tanto antiguos como recientes que han modelado y continúan modelando el relieve y son los responsables del estado actual de las geoformas o unidades de terreno.

PROCESO METODOLÓGICO

Para la elaboración de la cartografía geomorfológica de la Plancha 109 Rionegro, departamento de Santander, se siguió el proceso metodológico planteado en la propuesta del Servicio Geológico Colombiano, que presenta calificaciones que permiten cuantificar la zonificación de cada unidad geomorfológica de terreno cartografiable a escala 1:100.000. El flujograma a continuación resume los pasos que se plantea seguir para la consecución de los objetivos (Figura 7)

a) Recolección de insumos básicos:

Como primer paso para la elaboración del mapa geomorfológico de la Plancha 119-Barrancabermeja a escala 1:100.000, se recolecta información denominada Insumos Necesarios, la cual comprende los Insumos Básicos Necesarios y los Insumos Temáticos Necesarios. Los Insumos básicos necesarios incluyen imágenes satelitales, modelos digitales de elevación del terreno, la cartografía base del IGAC, a escala 1:100.000 y sensores remotos; mientras que los

Insumos Temáticos Necesarios abarcan los mapas Geológicos, incluyendo los mapas de fallas, a escala 1:100.000.

La información recolectada en este primer paso es de vital importancia, ya que permite realizar una aproximación inicial a la geomorfología del área, ya que con dicha información se pueden observar características físicas de la zona, lo que está estrechamente relacionado a los procesos genéticos de las geoformas encontradas.

b) Preparación y análisis de la información recolectada

Una vez reunida toda la información disponible y pertinente, se procede a integrarla en una base de datos, empleando el software ArcGIS de Esri, para así georreferenciarla en un mismo sistema de coordenadas (para el caso, este sistema es el Magna Colombia Bogotá) y, posteriormente, procesarla en forma conjunta.

- Procesamiento de la Información

A partir del Modelo de Elevación Digital, se pueden obtener otros insumos necesarios; los mapas de sombras y de pendientes, que son fundamentales al momento de realizar la interpretación del mapa geomorfológico.

c) Generación del mapa geomorfológico preliminar

Sobreponiendo diferentes capas de insumos (mapas de sombras y pendientes, imágenes satelitales, etc.) se puede visualizar de forma global las geoformas del terreno, lo que permite delimitar de manera preliminar las unidades geomorfológicas, teniendo en cuenta el ambiente al cual se encuentran asociadas las geoformas y las características comunes que presenten.

Al momento de trazar los polígonos que representan una unidad geomorfológica se debe tener muy presente el sistema de drenaje representado en la cartografía base del IGAC a escala 1:100.000, ya que los borde de las cuencas hidrográficas marcan límites entre unidades geomorfológicas. Además de esto, es necesario considerar los cambios de pendiente del terreno, las características litológicas y la geología estructural (fallas, pliegues y datos estructurales), ya que en conjunto, estos parámetros guardan una estrecha relación con la génesis de las geoformas lo que permite definir las unidades geomorfológicas a las que pertenecen.

Como resultado de la interpretación, una vez identificadas y demarcadas las unidades geomorfológicas, se obtiene el mapa geomorfológico preliminar del área de estudio, que a su vez será la base para el trabajo de campo.

d) Comprobación en campo del mapa geomorfológico preliminar

El trabajo de campo se realiza con el objeto de comprobar las unidades geomorfológicas que fueron identificadas durante la interpretación realizada en oficina, así como para identificar geoformas que no se delimitaron durante dicha interpretación.

Una vez en el área de estudio, se procede a buscar altos topográficos desde los cuales se pueda obtener una vista general de la zona, para así poder corregir, identificar y afinar las unidades geomorfológicas. Esta comprobación en campo tiene la ventaja que permite integrar a la interpretación diferentes variables que afectan la forma del terreno, clima, geología morfodinámica en incluso la morfogénesis.

En campo también se registran los movimientos en masa activos que se encuentren en el área de estudio; como inventario si presentan un área mayor a 2.500 m^2, o como catálogo, si son menores a dicha área. En caso que se encuentren movimientos en masa mayores a 40.000 m^2, se trazan como unidades en el mapa geomorfológico.

Tanto la información geomorfológica, como la de movimientos en masa activos recolectada en campo se registra en formatos para tal fin (Figura 4, Figura 5, Figura 6).

e) Revisión final del mapa geomorfológico

En esta etapa se realiza la revisión final del mapa geomorfológico obtenido y se aplican los estándares recomendados, propuestos por Carvajal (INGEOMINAS, 2002), que a su vez se basa en la simbología definida por Verstappen y Van Zuidam (1992), (descrito al mismo tiempo en SGC, 2012).

Estos estándares incluyen la nomenclatura y los colores para los polígonos de las unidades geomorfológicas.

f) Realización de la memoria técnica explicativa

Una vez realizado el mapa geomorfológico, se procede a redactar la memoria técnica explicativa del mismo, siguiendo el flujograma que se indica en la Figura 7.

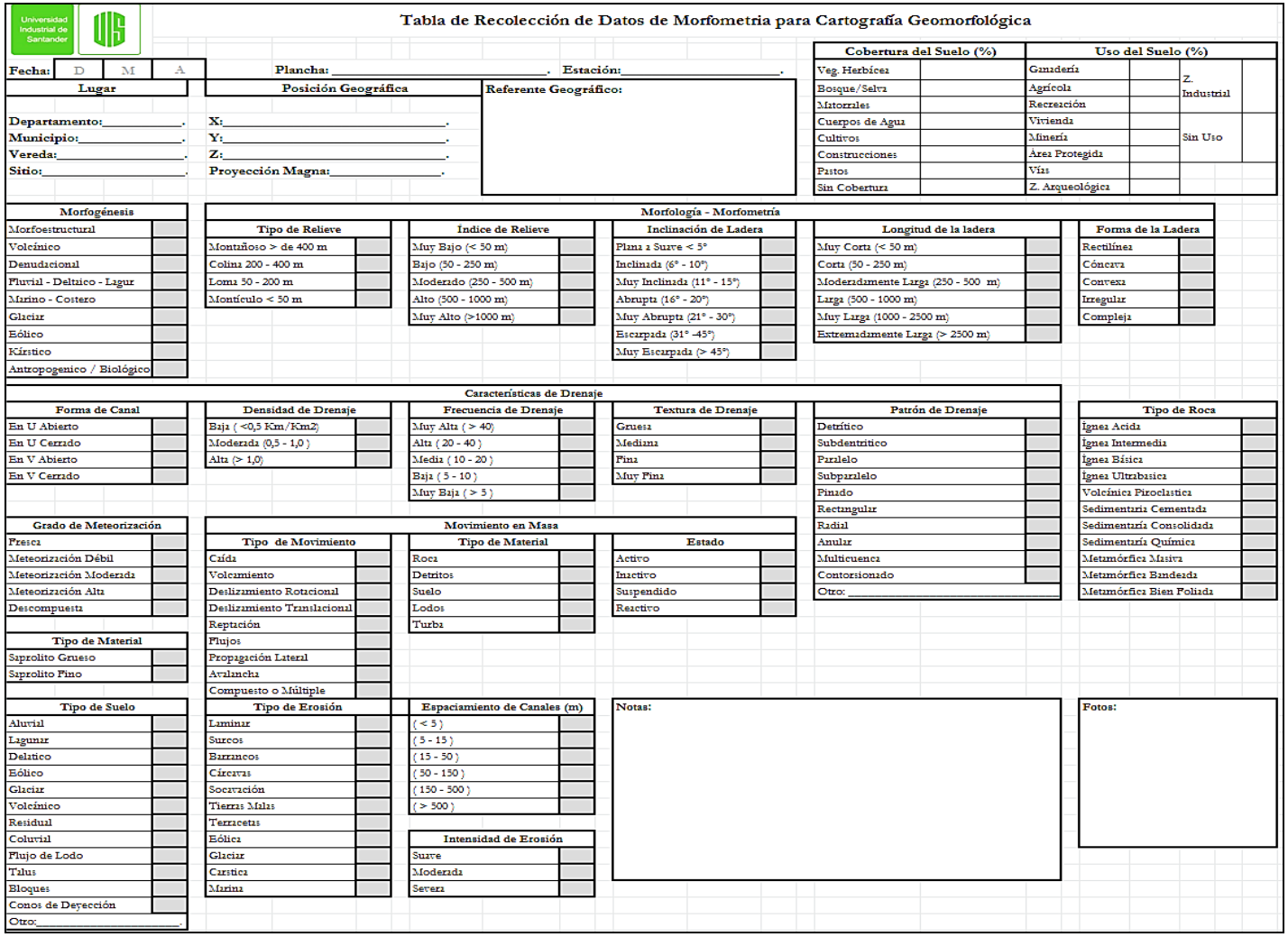


Tabla de Recolección de Datos de Morfometria para Cartografía Geomorfológica

Fecha: D M A Plancha: _____. Estación: _____.

Lugar

Departamento: _____.
Municipio: _____.
Vereda: _____.
Sitio: _____.

Posición Geográfica

X: _____.
Y: _____.
Z: _____.
Proyección Magna: _____.

Referente Geográfico:

Cobertura del Suelo (%)		Uso del Suelo (%)		
Veg. Herbácea		Ganadería		Z. Industrial
Bosque/Selva		Agrícola		
Matorrales		Recreación		
Cuerpos de Agua		Vivienda		Sin Uso
Cultivos		Minería		
Construcciones		Area Protegida		
Pastos		Vías		
Sin Cobertura		Z. Arqueológica		

Morfogénesis	
Morfoestructural	
Volcánico	
Denudacional	
Fluvial - Deltaico - Lagunar	
Marino - Costero	
Glaciar	
Eólico	
Kárstico	
Antropogenico / Biológico	

Morfología - Morfometría

Tipo de Relieve	
Montañoso > de 400 m	
Colina 200 - 400 m	
Loma 50 - 200 m	
Montículo < 50 m	

Indice de Relieve	
Muy Bajo (< 50 m)	
Bajo (50 - 250 m)	
Moderado (250 - 500 m)	
Alto (500 - 1000 m)	
Muy Alto (>1000 m)	

Inclinación de Ladera	
Plana a Suave < 5°	
Inclinada (6° - 10°)	
Muy Inclinada (11° - 15°)	
Abrupta (16° - 20°)	
Muy Abrupta (21° - 30°)	
Escarpada (31° -45°)	
Muy Escarpada (> 45°)	

Longitud de la ladera	
Muy Corta (< 50 m)	
Corta (50 - 250 m)	
Moderadamente Larga (250 - 500 m)	
Larga (500 - 1000 m)	
Muy Larga (1000 - 2500 m)	
Extremadamente Larga (> 2500 m)	

Forma de la Ladera	
Rectilínea	
Cóncava	
Convexa	
Irregular	
Compleja	

Características de Drenaje

Forma de Canal	
En U Abierto	
En U Cerrado	
En V Abierto	
En V Cerrado	

Densidad de Drenaje	
Baja (<0,5 Km/Km2)	
Moderada (0,5 - 1,0)	
Alta (> 1,0)	

Frecuencia de Drenaje	
Muy Alta (> 40)	
Alta (20 - 40)	
Media (10 - 20)	
Baja (5 - 10)	
Muy Baja (> 5)	

Textura de Drenaje	
Gruesa	
Mediana	
Fina	
Muy Fina	

Patrón de Drenaje	
Detrítico	
Subdentritico	
Paralelo	
Subparalelo	
Pinado	
Rectangular	
Radial	
Anular	
Multicuenca	
Contorsionado	
Otro: _____	

Tipo de Roca	
Ígnea Acida	
Ígnea Intermedia	
Ígnea Básica	
Ígnea Ultrabasica	
Volcánica Piroclastica	
Sedimentaria Cementada	
Sedimentaria Consolidada	
Sedimentaria Química	
Metamórfica Masiva	
Metamórfica Bandeada	
Metamórfica Bien Foliada	

Grado de Meteorización	
Fresca	
Meteorización Débil	
Meteorización Moderada	
Meteorización Alta	
Descompuesta	

Tipo de Material	
Saprolito Grueso	
Saprolito Fino	

Movimiento en Masa

Tipo de Movimiento	
Caída	
Volcamiento	
Deslizamiento Rotacional	
Deslizamiento Translacional	
Reptación	
Flujos	
Propagación Lateral	
Avalancha	
Compuesto o Múltiple	

Tipo de Material	
Roca	
Detritos	
Suelo	
Lodos	
Turba	

Estado	
Activo	
Inactivo	
Suspendido	
Reactivo	

Tipo de Suelo	
Aluvial	
Lagunar	
Deltaico	
Eólico	
Glaciar	
Volcánico	
Residual	
Coluvial	
Flujo de Lodo	
Talus	
Bloques	
Conos de Deyección	
Otro: _____.	

Tipo de Erosión	
Laminar	
Surcos	
Barrancos	
Cárcavas	
Socavación	
Tierras Malas	
Terracetas	
Eólica	
Glaciar	
Carstica	
Marina	

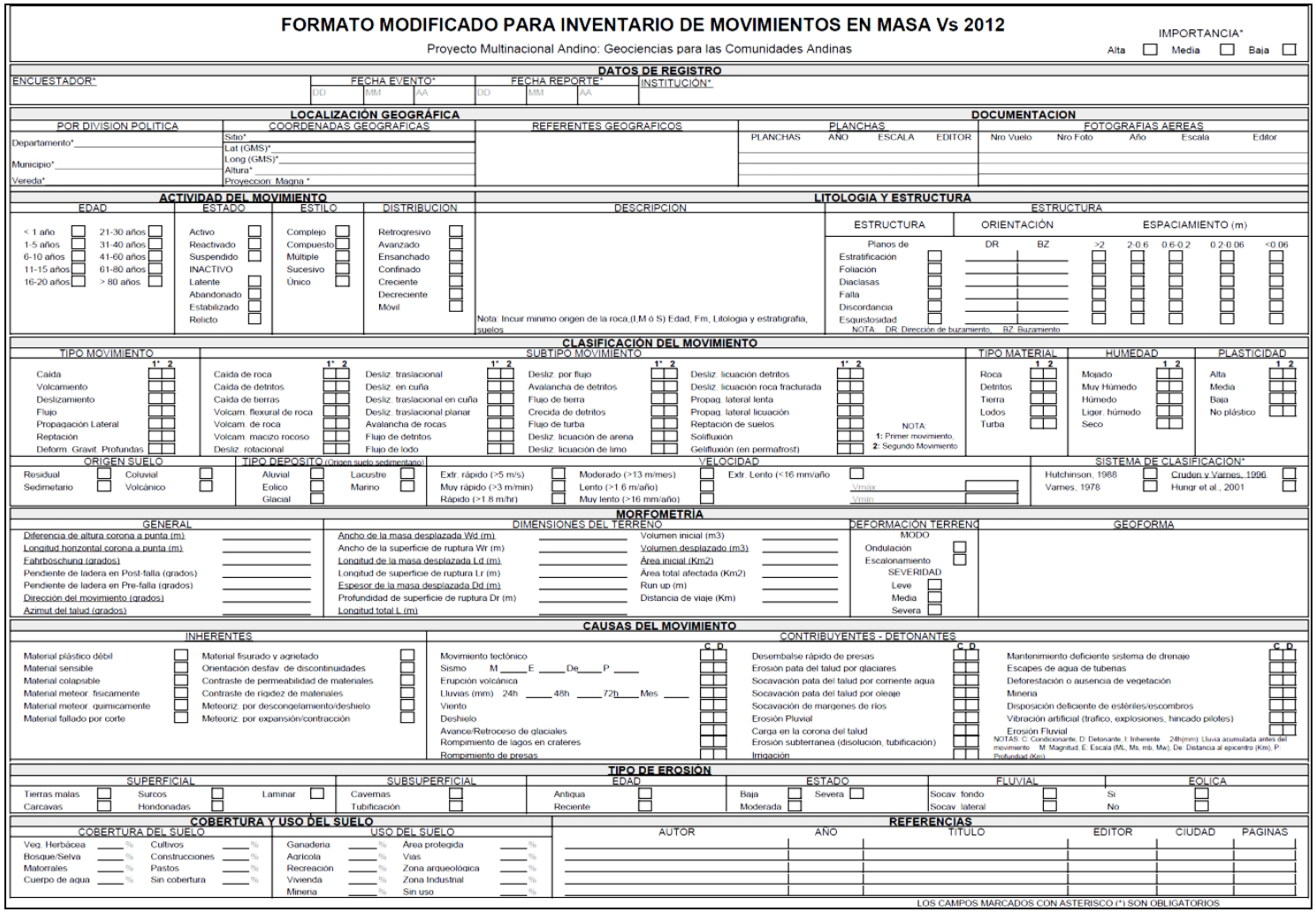
Espaciamiento de Canales (m)	
(< 5)	
(5 - 15)	
(15 - 50)	
(50 - 150)	
(150 - 500)	
(> 500)	

Intensidad de Erosión	
Suave	
Moderada	
Severa	

Notas:

Fotos:

Figura 4. Formato para la recolección de datos geomorfológicos, UIS (2012).



FORMATO MODIFICADO PARA INVENTARIO DE MOVIMIENTOS EN MASA Vs 2012

Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas

IMPORTANCIA* Alta ☐ Media ☐ Baja ☐

DATOS DE REGISTRO

ENCUESTADOR* | FECHA EVENTO* DD MM AA | FECHA REPORTE* DD MM AA | INSTITUCION*

LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA

POR DIVISION POLITICA: Departamento* / Municipio* / Vereda*

COORDENADAS GEOGRAFICAS: Sitio* / Lat (GMS)* / Long (GMS)* / Altura* / Proyeccion: Magna *

REFERENTES GEOGRAFICOS

DOCUMENTACION

PLANCHAS: PLANCHAS | AÑO | ESCALA | EDITOR

FOTOGRAFIAS AEREAS: Nro Vuelo | Nro Foto | Año | Escala | Editor

ACTIVIDAD DEL MOVIMIENTO

EDAD: < 1 año; 1-5 años; 6-10 años; 11-15 años; 16-20 años; 21-30 años; 31-40 años; 41-60 años; 61-80 años; > 80 años

ESTADO: Activo; Reactivado; Suspendido; INACTIVO; Latente; Abandonado; Estabilizado; Relicto

ESTILO: Complejo; Compuesto; Múltiple; Sucesivo; Único

DISTRIBUCION: Retrogresivo; Avanzado; Ensanchado; Confinado; Creciente; Decreciente; Móvil

LITOLOGIA Y ESTRUCTURA

DESCRIPCION

Nota: Incuir mínimo origen de la roca,(I,M ó S) Edad, Fm, Litologia y estratigrafia, suelos

ESTRUCTURA

ESTRUCTURA | ORIENTACIÓN (DR, BZ) | ESPACIAMIENTO (m): >2; 2-0.6; 0.6-0.2; 0.2-0.06; <0.06

Planos de: Estratificación; Foliación; Diaclasas; Falla; Discordancia; Esquistosidad

NOTA: DR: Dirección de buzamiento; BZ: Buzamiento

CLASIFICACIÓN DEL MOVIMIENTO

TIPO MOVIMIENTO (1° 2): Caída; Volcamiento; Deslizamiento; Flujo; Propagación Lateral; Reptación; Deform. Gravit. Profundas

SUBTIPO MOVIMIENTO (1° 2): Caida de roca; Caida de detritos; Caida de tierras; Volcam. flexural de roca; Volcam. de roca; Volcam. macizo rocoso; Desliz. rotacional; Desliz. traslacional; Desliz. en cuña; Desliz. traslacional en cuña; Desliz. traslacional planar; Avalancha de rocas; Flujo de detritos; Flujo de lodo; Desliz. por flujo; Avalancha de detritos; Flujo de tierra; Crecida de detritos; Flujo de turba; Desliz. licuación de arena; Desliz. licuación de limo; Desliz. licuación detritos; Desliz. licuación roca fracturada; Propag. lateral lenta; Propag. lateral licuación; Reptación de suelos; Solifluxión; Gelifluxión (en permafrost)

NOTA: 1: Primer movimiento, 2: Segundo Movimiento

TIPO MATERIAL (1 2): Roca; Detritos; Tierra; Lodos; Turba

HUMEDAD (1 2): Mojado; Muy Húmedo; Húmedo; Liger. húmedo; Seco

PLASTICIDAD (1 2): Alta; Media; Baja; No plástico

ORIGEN SUELO: Residual; Coluvial; Sedimetario; Volcánico

TIPO DEPOSITO (Origen suelo sedimentario): Aluvial; Lacustre; Eolico; Marino; Glacial

VELOCIDAD: Extr. rápido (>5 m/s); Muy rápido (>3 m/min); Rápido (>1.8 m/hr); Moderado (>13 m/mes); Lento (>1.6 m/año); Muy lento (>16 mm/año); Extr. Lento (<16 mm/año); Vmáx; Vmín

SISTEMA DE CLASIFICACION*: Hutchinson, 1988; Varnes, 1978; Cruden y Varnes, 1996; Hungr et al., 2001

MORFOMETRÍA

GENERAL: Diferencia de altura corona a punta (m); Longitud horizontal corona a punta (m); Fahrboschung (grados); Pendiente de ladera en Post-falla (grados); Pendiente de ladera en Pre-falla (grados); Dirección del movimiento (grados); Azimut del talud (grados)

DIMENSIONES DEL TERRENO: Ancho de la masa desplazada Wd (m); Ancho de la superficie de ruptura Wr (m); Longitud de la masa desplazada Ld (m); Longitud de superficie de ruptura Lr (m); Espesor de la masa desplazada Dd (m); Profundidad de superficie de ruptura Dr (m); Longitud total L (m); Volumen inicial (m3); Volumen desplazado (m3); Área inicial (Km2); Área total afectada (Km2); Run up (m); Distancia de viaje (Km)

DEFORMACIÓN TERRENO: MODO: Ondulación; Escalonamiento; SEVERIDAD: Leve; Media; Severa

GEOFORMA

CAUSAS DEL MOVIMIENTO

INHERENTES: Material plástico débil; Material sensible; Material colapsible; Material meteor. fisicamente; Material meteor. químicamente; Material fallado por corte; Material fisurado y agrietado; Orientación desfav. de discontinuidades; Contraste de permeabilidad de materiales; Contraste de rigidez de materiales; Meteoriz. por descongelamiento/deshielo; Meteoriz. por expansión/contracción

CONTRIBUYENTES - DETONANTES (C D): Movimiento tectónico; Sismo M ___ E ___ De ___ P ___; Erupción volcánica; Lluvias (mm) 24h ___ 48h ___ 72h ___ Mes ___; Viento; Deshielo; Avance/Retroceso de glaciales; Rompimiento de lagos en crateres; Rompimiento de presas; Desembalse rápido de presas; Erosión pata del talud por glaciares; Socavación pata del talud por corriente agua; Socavación pata del talud por oleaje; Socavación de margenes de rios; Erosión Pluvial; Carga en la corona del talud; Erosión subterranea (disolución, tubificación); Irrigación; Mantenimiento deficiente sistema de drenaje; Escapes de agua de tuberias; Deforestación o ausencia de vegetación; Mineria; Disposición deficiente de estériles/escombros; Vibración artificial (trafico, explosiones, hincado pilotes); Erosión Fluvial

NOTAS: C: Condicionante, D: Detonante, I: Inherente ; 24h(mm): Lluvia acumulada antes del movimiento M: Magnitud, E: Escala (ML, Ms, mb, Mw), De: Distancia al epicentro (Km), P: Profundad (Km)

TIPO DE EROSIÓN

SUPERFICIAL: Tierras malas; Carcavas; Surcos; Hondonadas; Laminar

SUBSUPERFICIAL: Cavernas; Tubificación

EDAD: Antigua; Reciente

ESTADO: Baja; Severa; Moderada

FLUVIAL: Socav. fondo; Socav. lateral

EOLICA: Si; No

COBERTURA Y USO DEL SUELO

COBERTURA DEL SUELO: Veg. Herbácea ___%; Bosque/Selva ___%; Matorrales ___%; Cuerpo de agua ___%; Cultivos ___%; Construcciones ___%; Pastos ___%; Sin cobertura ___%

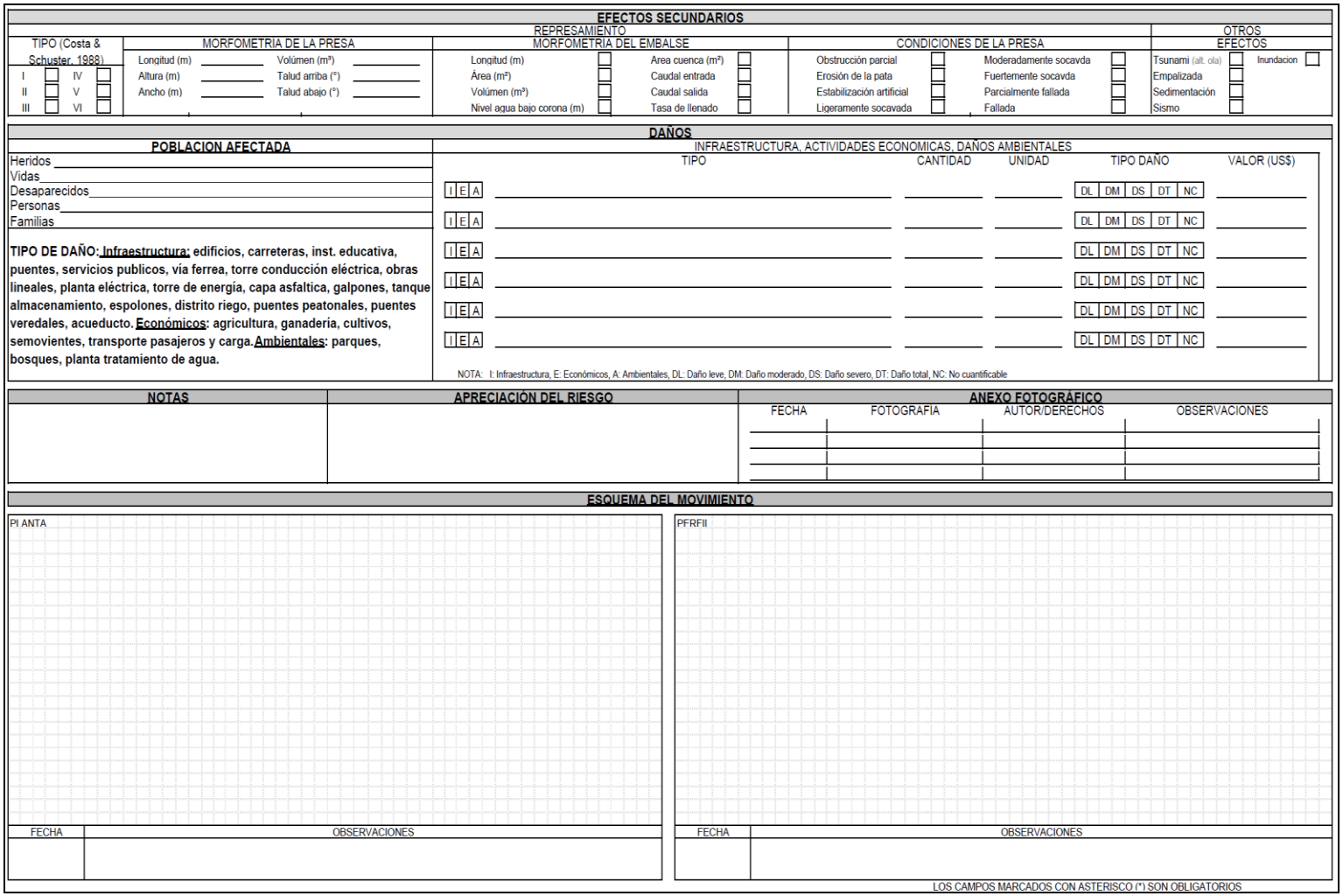
USO DEL SUELO: Ganaderia ___%; Agricola ___%; Recreación ___%; Vivienda ___%; Mineria ___%; Área protegida ___%; Vias ___%; Zona arqueológica ___%; Zona Industrial ___%; Sin uso ___%

REFERENCIAS

AUTOR | AÑO | TITULO | EDITOR | CIUDAD | PAGINAS

LOS CAMPOS MARCADOS CON ASTERISCO (*) SON OBLIGATORIOS

Figura 5. Formato para la recolección de información sobre movimientos en masa, SGC (2012). Parte A.



EFECTOS SECUNDARIOS

TIPO (Costa & Schuster, 1988): I ☐ IV ☐ | II ☐ V ☐ | III ☐ VI ☐

MORFOMETRIA DE LA PRESA: Longitud (m) ____ Volúmen (m³) ____ | Altura (m) ____ Talud arriba (°) ____ | Ancho (m) ____ Talud abajo (°) ____

REPRESAMIENTO MORFOMETRIA DEL EMBALSE: Longitud (m) ☐ Area cuenca (m²) ☐ | Área (m²) ☐ Caudal entrada ☐ | Volúmen (m³) ☐ Caudal salida ☐ | Nivel agua bajo corona (m) ☐ Tasa de llenado ☐

CONDICIONES DE LA PRESA: Obstrucción parcial ☐ Moderadamente socavda ☐ | Erosión de la pata ☐ Fuertemente socavda ☐ | Estabilización artificial ☐ Parcialmente fallada ☐ | Ligeramente socavada ☐ Fallada ☐

OTROS EFECTOS: Tsunami (alt. ola) ☐ Inundacion ☐ | Empalizada ☐ | Sedimentación ☐ | Sismo ☐

DAÑOS

POBLACION AFECTADA

Heridos ____
Vidas ____
Desaparecidos ____
Personas ____
Familias ____

TIPO DE DAÑO: Infraestructura: edificios, carreteras, inst. educativa, puentes, servicios publicos, via ferrea, torre conducción eléctrica, obras lineales, planta eléctrica, torre de energía, capa asfaltica, galpones, tanque almacenamiento, espolones, distrito riego, puentes peatonales, puentes veredales, acueducto. Económicos: agricultura, ganadería, cultivos, semovientes, transporte pasajeros y carga. Ambientales: parques, bosques, planta tratamiento de agua.

INFRAESTRUCTURA, ACTIVIDADES ECONOMICAS, DAÑOS AMBIENTALES

	TIPO	CANTIDAD	UNIDAD	TIPO DAÑO	VALOR (US$)
I E A				DL DM DS DT NC	
I E A				DL DM DS DT NC	
I E A				DL DM DS DT NC	
I E A				DL DM DS DT NC	
I E A				DL DM DS DT NC	
I E A				DL DM DS DT NC	

NOTA: I: Infraestructura, E: Económicos, A: Ambientales, DL: Daño leve, DM: Daño moderado, DS: Daño severo, DT: Daño total, NC: No cuantificable

NOTAS

APRECIACIÓN DEL RIESGO

ANEXO FOTOGRÁFICO

FECHA	FOTOGRAFÍA	AUTOR/DERECHOS	OBSERVACIONES

ESQUEMA DEL MOVIMIENTO

PLANTA

PERFIL

FECHA	OBSERVACIONES

FECHA	OBSERVACIONES

LOS CAMPOS MARCADOS CON ASTERISCO (*) SON OBLIGATORIOS

Figura 6. Formato para la recolección de información sobre movimientos en masa, SGC (2012). Parte B

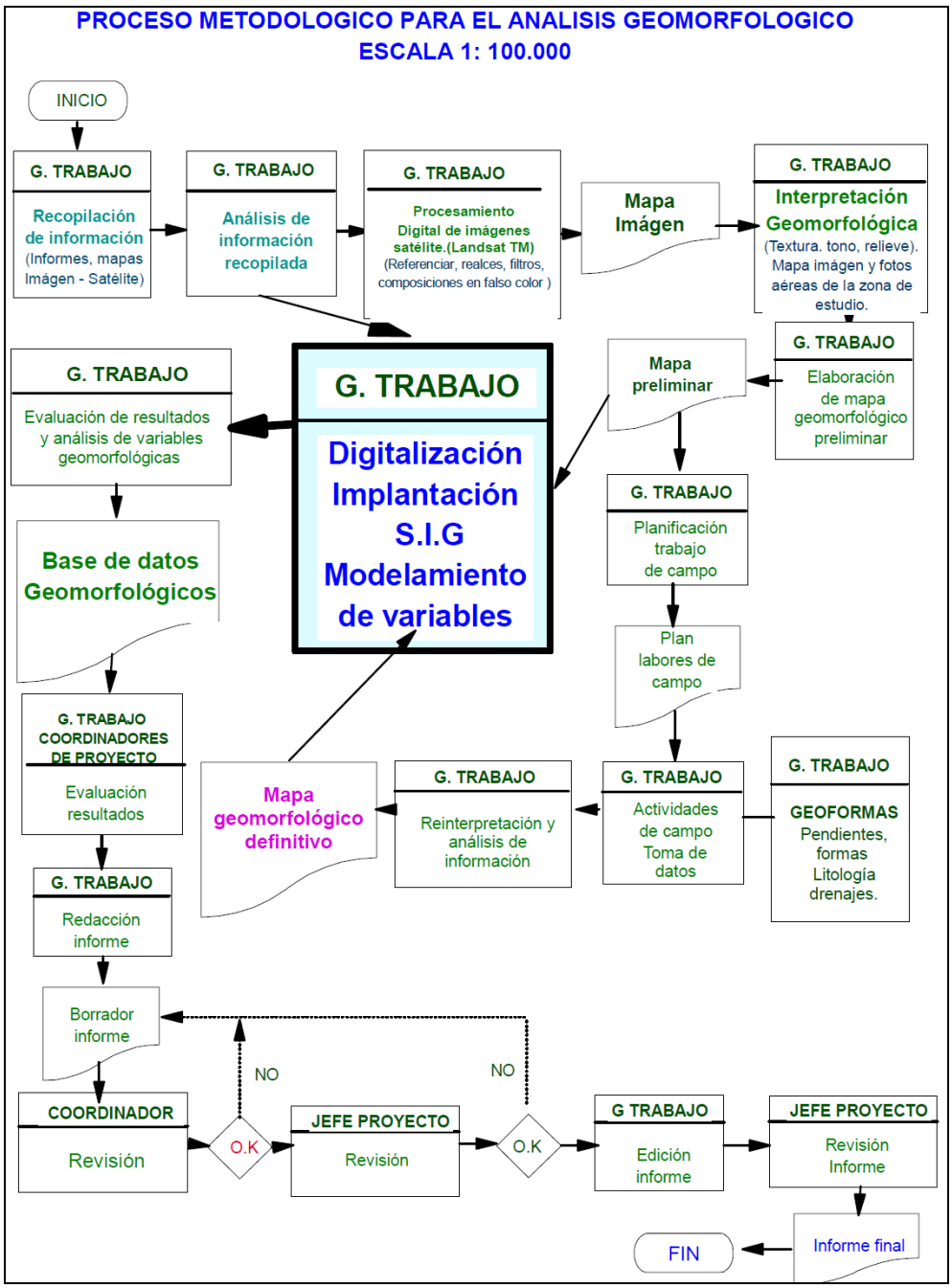


Figura 7. Flujograma detallado del proceso metodológico seguido en la elaboración de mapas geomorfológicos a escala 1:100.000.

ALCANCES

Este documento hace parte del análisis necesario para la generación del mapa Geomorfológico Aplicado a movimientos en masa de la Plancha 119 - Barrancabermeja, donde se describen las unidades geomorfológicas identificadas en la zona de estudio a partir de los ambientes definidos previamente. La cartografía geomorfológica se realizó a una escala 1:100.000, clasificada bajo el esquema de jerarquización geomorfológica como "Unidad" (Modificado SGC, 2012). Esta cartografía aporta información sobre los procesos naturales que han dado lugar al paisaje actual y los que siguen modelando el terreno actualmente. Para esto se ha contextualizado el origen de dichas unidades en un marco geológico, cuya dinámica y o evolución en la mayoría de los casos se expresa en la morfología de la superficie. Las variables geológicas que influyen en la evolución de las geoformas de igual manera contribuyen en la estabilidad de las mismas, ya que estas encierran la composición del material expuesto y el comportamiento cinemático que lo está afectando. Cuando se definen los atributos morfogenéticos del área de trabajo, como se hizo en el presente estudio, no solo es posible hacer una reconstrucción de la historia evolutiva de las unidades geomorfológicas, sino que se provee al investigador de los argumentos necesarios para sustentar el comportamiento futuro de las geoformas actuales. Además de los procesos endógenos creadores del relieve, relacionados con la geología de la zona, se incluyen los procesos exógenos definidos por los procesos morfodinámicos (erosión y movimientos en masa) identificados en el terreno, los cuales modelan el relieve ya que éste genera la gradación o degradación de las unidades geomorfológicas, y por tanto la inestabilidad del material involucrado. Con el atributo morfodinámico determinado se busca recopilar las geoformas integrándolas con la distribución espacial de los movimientos en masa identificados en el inventario.

El mapa geomorfológico compone el 50% de todos los insumos necesarios para elaborar el mapa de Zonificación de Susceptibilidad y Amenaza por Movimientos en Masa a escala 1:100.000, teniendo en cuenta los atributos de Morfogénesis, Morfometría y Morfodinámica, con los cuales se calificaron las unidades geomorfológicas. Por tanto, esta variable se convierte en una herramienta fundamental para evaluar el comportamiento del terreno, e identificar las unidades geomorfológicas con mayor probabilidad de presentar desplazamiento de material, y por tanto mayor susceptibilidad. A su vez se espera que la definición de las unidades geomorfológicas en la zona de estudio se aplique en la evaluación de cualquier clase de amenazas naturales, incluidos los movimientos en masa, dentro de los planes de ordenamiento territorial y por lo tanto en la planeación de obras de infraestructura, además del desarrollo de zonificaciones geomecánicas.

1. CARACTERÍSTICAS GENERALES

El área comprendida por la Plancha 119-Barrancabermeja constituye una depresión intramontana que limita al oriente con la Cordillera Oriental y al occidente con la Cordillera Central. En términos generales se caracteriza por presentar unidades denudacionales, estructurales y fluviales de relieve bajo, con una densa red hidrográfica y altos patrones de meteorización e intensa erosión. Los movimientos en masa no son numerosos y son principalmente movimientos de reptación y deslizamientos.

Los principales usos del suelo están enfocados a la ganadería, agricultura y actividad industrial contando con el complejo petrolero de Barrancabermeja.

Políticamente, está el límite entre Yondó (Antioquia) y Barrancabermeja (Santander), solo entre Barrancabermeja y San Vicente de Chucurí suman 332.000 habitantes siendo la segunda y séptima ciudades con mayor densidad demográfica (DANE, 2005), Yondó tiene una baja densidad demográfica y una altura promedio de 80 M.S.N.M, con una temperatura promedio de 28°C (Municipio de Yondó, 2005). El casco urbano está situado sobre una llanura aluvial del río Magdalena.

La expresión morfológica y la génesis de la zona de estudio está definida fundamentalmente por tres ambientes básicos: ambiente morfoestructural, ambiente denudacional y ambiente fluvial. Actualmente, la erosión es el principal agente que modela el área.

1.1 CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS GENERALES

El área de estudio Plancha 119-Barrancabermeja comprende un área de 2.400 $Km^{2,}$ perteneciente a los departamentos de Antioquia y Santander.

Según Gómez *et al.* (2008) están presentes en esta zona como unidades aflorantes: la Formación Umir (Ksu) del Cretácico superior y la Formación Mugrosa (Tom), Colorado (Toc), Grupo Real (Tmr) y la Formación Mesa (Tmm) del Paleógeno-Neógeno, también algunos depósitos cuaternarios que predominan al occidente del área de estudio. Estas últimas unidades se encuentran cubriendo gran parte del área de estudio. En la parte occidente, en el territorio antioqueño encontramos como unidad aflorante la Formación Mesa

y depósitos aluviales cerca a los cauces activos, especialmente cerca al río Magdalena, esta unidad también aflora hacia el SW en territorio santandereano, el Grupo Real cubre una franja amplia a lo largo del área y al NE, la Formación Colorado cubre la zona SE del área de estudio. Hacia la parte del límite este de la plancha se encuentra aflorando la Formación Umir (Cretácico), en una estrecha banda, cabalgando sobre la secuencia cenozoica debido a la acción de la Falla La Salina.

1.1.1 Unidades Litológicas

Las unidades geológicas presentes en el área correspondiente a la plancha 119 (Figura 8) se describen a continuación.

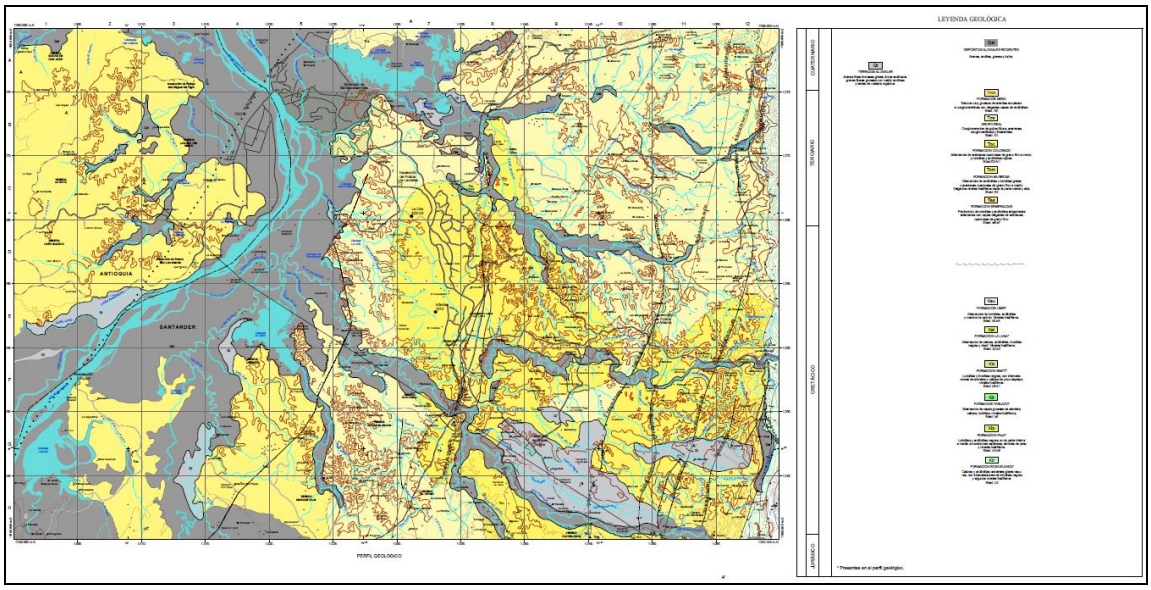


Figura 8. Mapa geológico y estructural de la Plancha 119-Barrancabermeja VMM INGEOMINAS (2008).

1.1.1.1 Formación La Luna (Ksl) (k2-k3)

Esta unidad aflora en la parte suroriental de la plancha, en el eje de un anticlinal, formando una faja continua con dirección NE plegada y fallada.

En el área de estudio esta unidad fue descrita por Gómez *et al*., (2008) como conformada por capas finas a medias de lodolitas calcáreas de tipo mudstone, en capas tabulares, con laminación plano paralela fina y ligeramente friables, con algunos niveles con concreciones calcáreas. Desarrolla suelos con profundidades entre 100 y 150cm.

Por sus características litológicas, esta formación se considera por su resistencia como dura y con una textura cristalina masiva. Presenta una

densidad de fracturamiento variable desde nula hasta alta relacionada con la presencia de la Falla La Salina.

1.1.1.2 Formación Umir (Ksu) (k5-k6)

La parte inferior de la formación se compone de lutitas en láminas delgadas, de color gris oscuro, gris azuloso a negro, con delgadas láminas carbonáceas y micáceas. Caracterizada por capas delgadas, lentes y pequeñas concreciones ferruginosas. La parte superior consta de lutita blanda, gris oscura, en capas delgadas con numerosos mantos de carbón, láminas delgadas de mineral de hierro, arenisca de grano fino y limonitas de cuarzo. El espesor aproximado es de 1000m. Descrita así por Morales *et al.* (1956) en (Gómez *et al*., 2008).

Esta formación localizada en el límite este de la plancha 119, con influencia de un clima cálido se extiende de sur a norte, presentando suelos con espesores aproximados que varían entre los 50 a 100 cm, se encuentra en contacto fallado con el grupo Real por medio de la falla La Salina que se desplaza de manera semiparalela al anticlinal de San Luis. En este sector la densidad de fracturamiento varía entre muy baja densidad y media densidad, valores de baja densidad de fracturamiento se observan en el área de influencia de la Falla La Salina hacia la parte central y norte. También se encuentran valores de media densidad en puntos específicos hacia el sector norte sobre el trazo de la misma falla.

Debido al predominio de shales en la zona de estudio, para el procesamiento de la susceptibilidad por movimientos en masa, esta formación se clasificó como clástica consolidada en cuanto a su textura y resistencia moderada.

1.1.1.3 Formación Mugrosa (Tom) (E3)

Gómez *et al*. (2008) indica que en la parte inferior está conformada por arenisca cuarzosa de grano fino a medio de color gris a verde grisáceo, con intercalaciones de lodolitas de color grisáceo y azuloso, y algunas capas de areniscas conglomeráticas (Ward, 1973). La parte media está constituida por shales moteados de azul opaco y marrón, masivos, con pocas intercalaciones delgadas de arenisca de grano fino a grueso, con intercalaciones de shale verde. Hacia la parte superior se encuentran lodolitas moteadas, fosilíferas. En la sección se encuentra esporádicamente glauconita (Morales *et al*., 1956 en Gómez *et al*., 2008). Sin embargo, en la cartografía geológica de la plancha 119 no se diferenció sus miembros.

La Formación Mugrosa ubicada principalmente hacia el costado este y hacia el límite sur de la plancha 119, donde aflora en pequeñas secciones separadas por depósitos aluviales y rocas de la Formación Colorado. En determinados puntos, donde la formación se halla afectada por estructuras como el sinclinal

de Andes y la Falla de Arrugas, la densidad de fracturamiento alcanza el valor de media densidad y los suelos que desarrolla presentan espesores que van desde los 25 a 50 cm.

Esta formación se considera en cuanto a su textura como clástica consolidada y su resistencia fue catalogada como moderadamente dura.

1.1.1.4 Formación Colorado (Toc) (E3-N1)

La Formación Colorado corresponde a la parte superior del Grupo Chuspas. Consta predominantemente de arcillas de color gris claro, púrpura y moteado de rojo, con intercalaciones de areniscas en bancos de espesor variable con estratificación cruzada. La parte superior de la formación consta de unos 100 m de arcillas de color gris y negro, carbonáceas, con areniscas de grano medio y poco potentes. Esta parte de la sección corresponde al Horizonte fosilífero La Cira también llamado, por otros autores, con el nombre de Formación La Cira. Por lo general estas capas no suelen formar crestas que resalten morfológicamente, pero en la Concesión de Mares puede existir un nivel de areniscas conglomeráticas que pueden formar un filo. (Julivert, 1968, en Gómez *et al*., 2008).

La Formación Colorado con suelos de profundidades que varían entre 25 y 50 cm, se encuentra divida en diferentes secciones separadas por el Grupo Real y depósitos aluviales recientes, de igual forma estructuras como el Sinclinal de Infantas, Sinclinal Peña de Oro, Anticlinal San Luis, Sinclinal de Andes atraviesan la unidad ubicándose de manera semiparalela entre sí, la densidad de fracturamiento toma valores que varían entre baja y media presentándose un leve aumento en la zona donde ejerce acción la Falla Infantas, en el punto donde esta formación se encuentra en contacto con una sección de la Formación Mugrosa.

El predominio de areniscas ha conllevado a calificar esta unidad con textura clástica cementada. En cuanto a su resistencia, se considera como dura.

1.1.1.5 Grupo Real (Tmr) (N1)

Gómez *et al*. (2008) describe al Grupo Real como un conjunto formado por conglomerados, areniscas y shales que se encuentran comprendidos entre la Formación Colorado del Grupo Chuspas en la base y el Grupo Mesa en la parte superior. Una de las características que presenta el Grupo Real es la presencia de abundante hornblenda y magnetita en varios de los niveles de areniscas. Esta abundancia de hornblenda estaría en relación con la a actividad volcánica de la Cordillera Central que se iniciaría con el Mioceno. Parece que, como ha sido señalado, la cantidad de material volcánico disminuye de sur a norte en relación con los focos volcánicos de la Cordillera Central.

Las rocas del Grupo Real abarcan gran parte del costado este y sur de la plancha 119, la unidad donde se presentan suelos que alcanzan los 75 cm de profundidad, se encuentra afectada por diversas estructuras como el Sinclinal Peñas de Oro, Anticlinal San Luis, las fallas La Salina, Infantas, Arrugas, que afectan los contactos de esta formación con otras unidades sedimentarias como la Formación Mugrosa y la Formación Umir, la densidad de fracturamiento presenta valores que fluctúan entre baja y media a lo largo de las fallas y ejes de los anticlinales y sinclinales presentes.

Para fines de procesamiento de la susceptibilidad, esta unidad se consideró con una textura clástica cementada y por su resistencia como dura.

1.1.1.6 Formación Mesa (Tmm) (N2)

Esta unidad aflora al oeste de la plancha y se compone de capas muy gruesas de arenitas arcósicas a gravas de guijos y guijarros con intercalaciones de capas delgadas de arcillolitas en contacto discordante sobre el Grupo Real. La mayoría de autores le han asignado una edad del Plioceno basados en datos paleontológicos y palebotánicos. (Gómez *et al*., 2008).

Esta unidad desarrolla suelos profundos (entre 100 y 150cm) y una densidad de fracturamiento calificada como nula. En cuanto a su resistencia, esta se valoró con una calificación de dura y su textura como clástica cementada.

1.1.1.7 Depósitos Cuaternarios (Qt, Qal)

Basados en Gómez *et al*. (2008), se observan terrazas (Qt) y depósitos aluviales (Qal) en las márgenes de los ríos Magdalena, Colorada, Opón, Cascajales y Oponcito, siendo los tres primeros los más extendidos especialmente al oeste de la plancha. Estos depósitos en general, están conformados por gravas de tamaño guijarro a bloque de carácter polimíctico.

Se distinguen de oriente a occidente, depósitos de terrazas aluviales asociados a la profundización de valles de ríos principales sobre las unidades terciarias, los cuales fluyen hacia el río Magdalena.

Al occidente se observan los depósitos de canal y de llanura de inundación actual del río Magdalena. Se destacan zonas de ciénagas que forman la llanura actual y depósitos como barras longitudinales y laterales (diques) asociadas a la dinámica de la corriente del curso actual.

Es importante resaltar que el río Magdalena en esta plancha presenta un cauce poco sinuoso y con muy pocos meandros. En términos de calificación de susceptibilidad, los depósitos aluviales de cauce y llanuras de inundación se consideran menos susceptibles a movimientos en masa que los depósitos de terraza aluvial.

1.1.2 Geología Estructural

La información de geología estructural en este capítulo fue tomada del análisis estructural hecho en Gómez *et al*. (2008)*;* en donde expresan para las fallas del área, que se tratan de estructuras con una vergencia predominante hacia el oeste, donde se distinguen dos sistemas, uno interno, hacia la cordillera con dominio de una tectónica de escama gruesa y otro externo hacia el Piedemonte donde se combinan los dos dominios de escama gruesa y delgada.

Frente a los pliegues, en términos regionales el documento expone que en esta zona, hacia el sector del Piedemonte, los pliegues involucran fundamentalmente la secuencia terciaria, con ejes paralelos a sub-paralelos a los grandes cabalgamientos del piedemonte del VMM y una clara vergencia occidental. A continuación se describen brevemente las principales estructuras en el área de estudio.

1.1.2.1 Fallas

Sistema de Fallas de La Salina (SFS)

El sistema de Fallas de la Salina se trata de un sistema de fallas con rumbo regional SSW-NNE limita la provincia cordillerana de la provincia del piedemonte occidental de la Cordillera Oriental. Corresponde a un sistema de cabalgamientos regionales con vergencia occidental que pone en contacto rocas del Cretáceo Superior - Paleógeno con rocas del Mioceno – Oligoceno registrando un salto estratigráfico cercano a los 3.000 m.

En el extremo oriental del área, se observa un lineamiento sinuoso relacionado al Sistema de Fallas de La Salina, la cual pone en contacto, al norte de la plancha, rocas de la Formación Umir con el Grupo Real, en el centro con la Formación Colorado y al sur con la Formación Mugrosa. Esta estructura es de naturaleza inversa con vergencia occidental que pone en contacto rocas cretácicas en el bloque cabalgante con rocas Paleógenas en el bloque yacente. Según INGEOMINAS (1988) en (Montes y Sandoval, 2001) algunos sectores la Falla La Salina presenta un movimiento dextral importante.

La Red Sismológica Nacional ha detectado sismos que se pueden relacionar a esta falla. INGEOMINAS (1997) en (Montes y Sandoval, 2001) la considera como potencialmente activa.

Falla de Infantas

Es uno de los rasgos estructurales más importante en esta plancha y se presenta como una falla inversa con rumbo en dirección Norte – Sur y vergencia hacia el occidente, coloca en contacto superficial a formaciones terciarias, incluso en algunos sectores sedimentos de una misma formación. Esta falla se

extiende desde el río Opón hasta el río Sogamoso. Se expresa geomorfológicamente como un lineamiento; provocando la discontinuidad de estratos buzantes hacia el oriente (Gómez *et al*., 2008).

La Falla de Infantas limita al oriente al anticlinal que origina la acumulación de hidrocarburos correspondiente al Campo de La Cira-Infantas.

Falla Arrugas

La Falla de Arrugas es de tipo inverso con vergencia al occidente, con un rumbo general noreste – suroeste, coloca en su parte norte en contacto superficial rocas sedimentarias del Grupo Real mientras que hacia el sur el fallamiento va ganando desplazamiento vertical hasta colocar en contacto rocas de la Formación Mugrosa, en su bloque levantado, con rocas de la Formación Colorado las cuales hacen parte del bloque hundido de la Falla de Arrugas (Gómez *et al*., 2008).

Esta falla es considerada activa por el INGEOMINAS (1997), en (Montes y Sandoval, 2001*).*

Falla de Casabe

La Falla de Casabe se presenta como un fallamiento normal, con plano de falla buzante al occidente y con una dirección de rumbo noreste - suroeste.

La interpretación sísmica realizada en Gómez *et al.* (2008) se puede observar que la falla es vertical, de basamento que afecta toda la secuencia sedimentaria. En profundidad es claro ver el desplazamiento vertical de formaciones cretácicas, mientras que dentro de las formaciones terciarias no es claro apreciar este desplazamiento.

Esta falla constituye el límite occidental de los campos de hidrocarburos correspondientes a Casabe y Peñas Blancas.

En la plancha 119 se encuentra cubierta en su mayor parte por depósitos aluviales del río Magdalena.

1.1.2.2 Pliegues

Anticlinal de San Luis

Se encuentra al occidente de la Falla de La Salina y está afectando rocas de la Formación Colorado al sur y de la Formación Real al norte, tiene una dirección de rumbo noreste - suroeste y se extiende al este de la plancha.

De acuerdo con la interpretación sísmica hecha para la estratigrafía en la Cartografía geológica y muestreo geoquímico escala 1:100.000 de la Plancha

119-Barrancabermeja (Gómez *et al*, 2008) se puede inferir que este anticlinal puede ser originado por el cabalgamiento denominado Falla de Arrugas.

Anticlinal de La Cira – Infantas

Estructura elongada, con su parte más delgada hacia el sur, desarrollado en rocas aflorantes de la Formación Colorado y limitado al este por el cabalgamiento de Infantas. Esta estructura conformada por estratos del Neógeno buzantes al occidente y cortados por el cabalgamiento de Infantas, es la estructura fundamental en la configuración de la trampa que permitió las grandes acumulaciones de hidrocarburos del campo La Cira – Infantas. La vergencia oeste de esta permitió el desarrollo del anticlinal de rampa de La Cira – Infantas.

Sinclinal de Peña de Oro

Se presenta paralelo al Anticlinal de San Luis (con orientación NE-SE) y con un desarrollo superficial, siendo generado en respuesta al trazo en profundidad de la Falla de Arrugas (Gómez *et al*, 2008).

1.2 CARACTERÍSTICAS CLIMATOLÓGICAS GENERALES

El clima también es modelador de la superficie terrestre (Arias, 2007). Así mismo las plantas y los organismos inciden en la alteración química y física del suelo. La precipitación define la humedad; cuando es mínima, se tiene un clima árido a semiárido como es el caso del área de estudio.

La temperatura tiene gran influencia en las reacciones del suelo, sobre el tipo y la cantidad de vegetación de un área, así como en la materia orgánica.

El clima es uniforme en el área del Valle del Magdalena, es cálido con temperatura promedio del orden de 29° C y lluvias abundantes hasta de 3.800 mm anuales. Hacia el extremo oriental de la zona de estudio se insinúa el flanco occidental de la Cordillera Oriental donde disminuye ligeramente la temperatura y las precipitaciones se sitúan entre los 1.500 y los 2.000 mm anuales.

El relieve corresponde con un área de valle, pie de monte y estribaciones de la Cordillera Oriental. El cambio de relieve modifica las relaciones de humedad del suelo, controla el grado de escorrentía y la remoción del suelo, el grado de erosión y la incidencia de rayos solares; por ello en cuanto al relieve, se espera que hacia las partes más altas, se encuentre una mayor exposición al viento, erosión y escasa vegetación. También, las áreas con pendientes escarpadas presentan inestabilidad edáfica. Así mismo, en zonas de piedemonte o de acumulación de pedimentos en donde el relieve es menos inclinado, presenta suelos más profundos, estables y húmedos. Finalmente, hacia el pie aluvial, es

decir, en terrenos planos suavemente ondulados, se favorece la formación de suelos profundos y estables.

1.3 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS SUELOS

Para la identificación de las principales características y cualidades de los suelos contenidos en la plancha 119, se tomó en cuenta los Estudios Generales de Suelos a escala 1:100.000 de los departamentos de Santander (IGAC, 2003) y Antioquia (IGAC, 2007). Agrupa un total de 31 unidades cartográficas de suelos (UCS), que se distribuyen entre los paisajes de montaña con 16% (5 unidades), 19% (6 unidades) en lomerío, piedemonte con 10% (3 unidades), planicie con 22,6% (7 unidades) y valle aluvial con 6,4% (2 unidades) y las zonas urbanizadas con 26% (8 unidades). Todas estas unidades se extienden sobre el piso climático cálido muy húmedo y húmedo respectivamente, condiciones que inciden en las características y cualidades de los suelos.

Taxonómicamente en esta plancha, predominan suelos pertenecientes a los órdenes Entisoles, Inceptisoles y Molisoles, en menor grado se encuentran los Vertisoles y Oxisoles, los cuales tienen un desarrollo pedogenético que varía de bajo a alto, que se relacionan con la predominancia de geoformas de baja estabilidad, correspondientes a las vertientes y laderas de montaña y lomeríos. La topografía varía entre ligeramente inclinada, moderada y fuertemente escarpada con pendientes superiores al 50%, y con procesos erosivos localizados entre ligeros y severos.

Los suelos se han derivado de materiales parentales de origen sedimentario, ígneo y metamórfico. Se caracterizan por la variabilidad en su drenaje natural, entre excesivos a muy pobremente drenados; son muy superficiales hasta profundos; de reacción (pH) fuertemente a extremadamente ácida y fertilidad baja en las zonas húmedas y muy húmedas. En la montaña, las texturas varían entre moderadamente finas (FAr, FArA, FArL) y finas (Ar, ArL, ArA) esqueléticos y fragmentales, con algunos sectores moderadamente gruesos (FA) y de texturas medias (F, FL, L). En los lomeríos, se presentan texturas finas, medias y gruesas (A, AF), en matriz esquelética y fragmental. En los relieves de acumulación correspondientes a valles aluviales, vallecitos y abanicos dominan texturas finas y moderadamente finas en matriz esqueletal y fragmental.

La composición mineralógica de los suelos está dominada por arcillas de tipo caolinita y montmorillonita, en menor proporción se encuentran la vermiculita y muscovita.

2. GEOMORFOLOGÍA DE LA PLANCHA 119 - BARRANCABERMEJA

La Plancha 119-Barrancabermeja está ubicada en el Valle Medio del río Magdalena (VMM) y comprende el área limítrofe de los departamentos de Antioquia y Santander, hacia el este tiene levantamientos estructurales debido al piedemonte occidental de la Cordillera Oriental.

Se registraron tres tipos de unidades morfogenéticas: (1) denudacionales, (2) estructurales afectados por fuerte meteorización y (3) fluvial y lagunar. En la Tabla 6 se relacionan las unidades geomorfológicas definidas para la Plancha 119-Barrancabermeja VMM según los criterios en este documento.

El occidente del Departamento de Santander se encuentra localizado en la geomorfoestructura denominada Sistema Orogénico Andino, y en la provincia Valle Interandino del Magdalena, siendo ésta una extensa zona localizada en la parte central de Colombia con alturas que oscilan entre los 100 y 500 m de altura, con índices de relieve bajo y recorrida por el río Magdalena, el cual tiene una orientación NE-SW hasta llegar al Municipio de Barrancabermeja en donde toma una dirección N-S hasta el Municipio El Banco (Magdalena); ya en el Valle Inferior del Magdalena adquiere una dirección NW-SE y luego N-S hasta desembocar en el Caribe; en el sector Bocas de Ceniza.

La región geomorfológica corresponde con las Llanuras del Valle Medio del Magdalena (VMM), una depresión tectónica intramontana producto del levantamiento diferencial del sistema cordillerano andino. Esta llanura en el sector de la Plancha 119-Barrancabermeja tiene una red de drenaje dendrítica que en términos generales fluye en sentido NE hasta desembocar en el río Magdalena; el cual tiene características de un cauce trenzado mientras que sus afluentes son de tipo meandriforme. Asociados a los principales ríos y quebradas, se han desarrollado extensas planicies conformadas por depósitos aluviales en los que se han establecido asentamientos humanos como el Municipio de Barrancabermeja y el Corregimiento de Yarima.

El límite entre la llanura y la Cordillera Oriental corresponde con el Sistema de Fallas La Salina; al occidente el límite VMM-Cordillera Central está marcado por la Falla Palestina. Al NW del área de estudio se encuentra la Serranía de San Lucas.

Tabla 6. Cuadro de unidades geomorfológicas de la Plancha 119-Barrancabermeja VMM, con su área y porcentaje en el área total.

Ambiente	Unidad	Código	Área (m^2)	% Unidad	% Ambiente
Denudacional (D)	Cono y lóbulo coluvial y de solifluxión	Dco	1202170	0,05	64,87
	Colina residual	Dcr	9150976,6	0,38	
	Colina residual disectada	Dcrd	23885940	1,00	
	Cerro residual	Dcrs	14839948	0,62	
	Escarpe de erosión mayor	Deem	945451,87	0,04	
	Escarpe de erosión menor	Deeme	788967,08	0,03	
	Glacis de erosión	Dge	14547101	0,61	
	Loma denudada	Dld	97128917	4,05	
	Lomeríos disectados	Dldi	37115732	1,55	
	Loma residual	Dlor	204769898	8,53	
	Lomeríos poco disectados	Dlpd	108098382	4,50	
	Lomo residual	Dlres	40408966	1,68	
	Montículos y ondulaciones denudacionales	Dmo	601867820	25,08	
	Planicie	Dp	167866475	6,99	
	Planicie colinada denudada	Dpcd	208955963	8,71	
	Penillanura o peneplanicie	Dpn	6546705,6	0,27	
	Superficie de erosión o aplanamiento	Dsa	18817667	0,78	
Fluvial y Lagunar (F)	Barra compuesta	Fbc	8479795,1	0,35	32,39
	Barra longitudinal	Fbl	14408202	0,60	
	Barra puntual	Fbp	1197681	0,05	
	Cauce aluvial	Fca	67425695	2,81	
	Orillares	Fco	9704,3032	0,0004	

Ambiente	Unidad	Código	Área (m^2)	% Unidad	% Ambiente
	Laguna	Flg	56316522	2,35	
	Meandro abandonado	Fma	217278,38	0,01	
	Plano o llanura de inundación	Fpi	408625173	17,03	
	Terraza de acumulación	Fta	93269741	3,89	
	Escarpe de terraza de acumulación	Ftae	1854329,6	0,08	
	Terraza de acumulación antigua	Ftan	35486398	1,48	
	Terraza de acumulación subreciente	Ftas	47244933	1,97	
	Terraza de erosión	Fte	37587416	1,57	
	Escarpe o terraza de erosión	Ftee	5327368,2	0,22	
Estructural (S)	Espolón	Ses	554002,84	0,02	2,73
	Sierra homoclinal	Ssh	2937101,4	0,12	
	Sierra sinclinal	Sss	32439564	1,35	
	Ladera de contrapendiente de sierra sinclinal	Ssslc	26336666	1,10	
	Ladera estructural de sierra sinclinal	Sssle	3340049,9	0,14	

En la mayor parte del área de estudio predominan los relieves suaves y bajos, principalmente labrados sobre rocas sedimentarias cenozoicas. Estructuralmente el área presenta importantes fallas inversas con dirección general NE-SW y vergencia al occidente, también se presentan estructuras sinclinales y anticlinales asociados a estas fallas y que se orientan en dirección paralela a ellas. Las expresiones geomorfológicas asociadas a estas estructuras han quedado subordinadas a los efectos de la intensa meteorización, erosión y acumulación de depósitos sedimentarios aluviales de edad cuaternaria. Como resultado, el paisaje actual corresponde en su mayor parte a un ambiente denudacional y fluvial, exceptuando el margen oriental de la plancha, donde una estrecha y larga franja en dirección N-S corresponde a un ambiente estructural. Este relieve geomorfo-estructural está limitado al occidente por la Falla La Salina la cual cabalga rocas cretácicas de la Formación Umir sobre la secuencia Cenozoica y, marca la división entre el VMM y los estribos occidentales de la Cordillera Oriental. La mayor parte de

unidades geomorfológicas de ambiente estructural en la Plancha 119 - Barrancabermeja son expresiones parciales de estructuras mayores, que se desarrollan y se expresan morfológicamente a plenitud en las planchas adyacentes (109, 120, 135 y 134).

Las unidades geomorfológicas que a continuación se describen se definen en base a la metodología, siguiendo criterios genéticos, morfológicos y geométricos, sin discriminar los procesos dinámicos activos presentes.

2.1 GEOFORMAS DE ORIGEN DENUDACIONAL

Las geoformas agrupadas en origen denudacional son geoformas donde predominan procesos exógenos degradacionales, su forma es modelada por la acción de la meteorización pluvial y la erosión, estas formas prevalecen y son afectadas por la nueva sedimentación.

La plancha 119, es un área afectada por fuertes procesos denudacionales, por ello son este tipo de unidades las que predominan, en conjunto abarcan el 64,87%, generalmente son áreas planas, ligeramente onduladas, montículos y lomas de diferentes características.

2.1.1 Cono o lóbulo coluvial y de solifluxión (Dco)

Esta unidad geomorfológica es producto de antiguos eventos de remoción en masa, los cuales se manifiestan como accidentes topográficos que generalmente presentan una forma de cono o lóbulo, se encuentran por lo general en laderas de pendiente muy abrupta sobre la que se ha depositado un curso coluvial. Los coluviones están conformados por materiales de tamaños heterogéneos en fragmentos angulares debido al escaso trasporte que presentan, correspondientes a areniscas de grano fino embebidas en una matriz areno limosa, en general presentan evidencia de intensa meteorización y erosión principalmente de tipo laminar. Se forman por procesos de transporte y depositación de este material coluvial a lo largo de laderas amplias. (Figura 9)

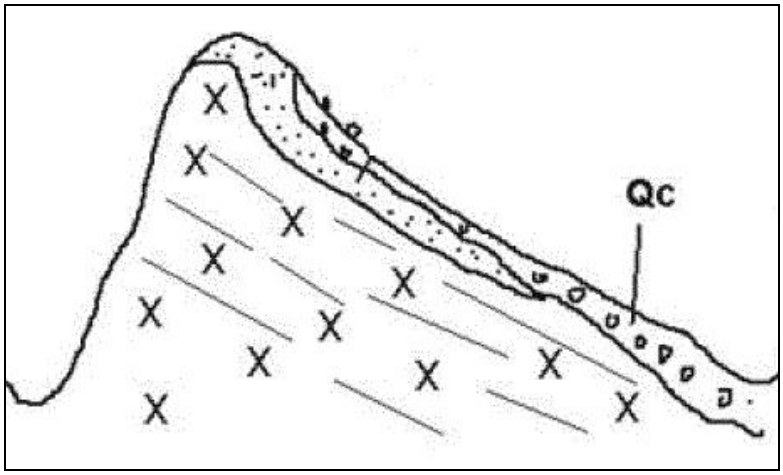


Figura 9. Esquema de perfil de un Cono o Lóbulo Coluvial y de Solifluxión (Dco). Imagen tomada de Vargas y Rodríguez (2009).

Esta unidad se encuentra labrando a la Formación Umir al este de la Falla de La Salina, cerca al sector conocido como La Lucha, al margen de la Quebrada La Llana. También, se observa en el sector San Antonio, por la vía hacia El Marfil, en donde presenta reptación de suelos, al igual que en la vía San Miguel del Tigre-El Descanso. Por su parte en el sector La Argentina, esta unidad se ve afectada por un flujo de tierra que alcanza casi 80 m de longitud, en total esta unidad cubre el 0,05% del área de estudio.

En la mayoría de los casos, la unidad se encuentra entre los límites de llanuras de inundación o planicies y prominencias topográficas de morfología alomada o colinada, es decir, en zonas de piedemonte.

Presenta pastos predominantemente en su cobertura vegetal y su principal uso es la ganadería, los materiales que lo componen presentan meteorización que se evidencia en el cambio de color de los coluviones y el desarrollo de una delgada capa de suelo residual color café rojiza que presenta movimientos de tipo flujo de detritos. Asimismo presenta un estado moderado de erosión laminar reciente.

2.1.2 Colina residual (Dcr)

Esta geoforma se localiza principalmente sobre el Grupo Real y en parte la Formación Umir, en el sector Las Delicias cerca a la vía que comunica San Vicente de Chucurí con San Alberto, en el sector El Comején y Ceprocic. El terreno presenta una elevación promedio de 200 m, de laderas rectas con pendientes inclinadas, cimas subredondeadas, con un índice de relieve bajo, un patrón de drenaje subdentrítico. La unidad se encuentra influenciada por el Anticlinal de San Luis y la Falla de la Salina (Figura 10).

Esta unidad geomorfológica representa el 0,38% del área total de estudio, su principal cobertura vegetal es de pastos utilizados para la ganadería, razón por la cual es frecuente encontrar fenómenos de erosión en terracetas de magnitud moderada.

Figura 10. Colina residual (Dcr) en el sector El Diamante.

2.1.3 Colina residual disectada (Dcrd)

Esta unidad geomorfológica se caracteriza por tener una morfología colinada de con cimas agudas y estrechas, laderas ligeramente convexas y pendientes muy abruptas, de índice de relieve bajo (Figura 11). Está asociada con rocas que han sufrido tectonismo y con desarrollo de una delgada capa de suelo residual. El material ha desarrollado en algunos sectores erosión esferoidal y alto grado de disección en U, posiblemente debido a que se han desarrollado sobre rocas blandas fracturadas de las formaciones Colorado y el Grupo Real.

Parte de esta geoforma se ubica cerca de la esquina NE de la plancha, en el sector El Remanso, donde se encuentra esculpida en el Grupo Real, siendo afectada por la acción de la Falla La Salina y el Anticlinal de San Luis. Representa el 1,00% del área total de la plancha.

En esta geoforma se inventariaron tres movimientos en masa: cerca a la Hacienda Huitaca, de tipo traslacional de tierra, de 2.100m^2 de área afectada. Por la vía Albania-hacienda La Pradera, se presentan dos movimientos reactivados tipo deslizamiento rotacional, que afectan 6.600m^2 afectados en conjunto.

Figura 11. Colina residual disectada en cercanías a Campo Alegre, vía Albania-La Pradera.

2.1.4 Cerro residual (Dcrs)

Prominencia topográfica aislada de morfología alomada, cimas redondeadas, ladera convexa larga de pendiente escarpada, con desarrollo de una capa gruesa de suelo residual. Presenta intensos procesos de meteorización diferencial.

Esta unidad se observa modelando al Grupo Real en el sector de Pozo Nutria II en el Municipio de San Vicente de Chucurí (Santander), es decir, en la parte central-este entre los ejes del Sinclinal Peña de Oro y el Anticlinal de San Luis (Figura 12), cubre un 0,62% del área total de estudio.

En esta geoforma se inventarió un movimiento en masa de tipo deslizamiento rotacional que afectó un área aproximada de 4.300 m^2 en la vía Albania-San Vicente.

Figura 12. Cerro residual en el sector la Llana Caliente en el Municipio de San Vicente de Chucurí (Santander).

2.1.5 Escarpe de erosión mayor (Deem)

Escarpe de altura mayor a 50m de forma cóncava y eventualmente recta, se presenta en una franja estrecha orientada en dirección aproximada Norte-Sur que se extiende desde la Hacienda Venecia, pasa por el Diamante, La Ye, hasta Las Palmas . El escarpe es modelado sobre el Grupo Real el cual hacia su parte superior desarrolla suelo residual color café amarillento de granulometría que va desde areno-gravoso.

Presenta una cobertura vegetal representada principalmente por pastos y matorrales, aunque en algunos sectores desprovistos de la protección que brinda la vegetación, la roca se encuentra muy meteorizada, presentando erosión en surcos y cárcavas, además de caídas de detritos, que en sectores pueden alcanzar longitudes de 40m de talud afectado, siendo el caso del sector Bajo Simacota en el que la vía se ve ligeramente afectada (Figura 13).

En esta geoforma se inventarió un movimiento de tipo caída de detritos y erosión en cárcavas y surcos. Esta unidad representa el 0,04% del área de estudio.

Figura 13. Escarpe de erosión mayor. Presenta caída de detritos en el sector Aguas Blancas, Bajo Simacota.

2.1.6 Escarpe de erosión menor (Deeme)

Escarpe de altura muy corta, cóncavo y eventualmente recto, de relieve bajo y con pendientes muy escarpadas. Se forma por procesos de erosión en rocas con un contraste de resistencia. Se observa esta unidad en el Grupo Real sobre la Falla de La Salina al SE de la plancha y en el sitio conocido como Siberia (Figura 14).

Presenta cobertura predominantemente pastos y su uso es ganadería e industrial. Desarrolla una delgada capa de suelo residual color rojizo amarillento por el estado de meteorización del material parental que es el Grupo Real, representa el 0,03% del área estudiada.

Debido a su muy bajo relieve relativo, esta unidad no es muy susceptible a movimientos en masa de dimensiones relativamente importantes, pero son comunes las caídas de detritos de pequeña magnitud y que no causan mayor riesgo, también se suele presentar erosión en surcos y cárcavas.

2.1.7 Glacis de erosión (Dge)

En la plancha se presenta como una superficie de erosión muy larga de forma cóncava y suavemente inclinada. Se localiza en la zona conocida como La Pradera y al SW del Corregimiento Albania en donde se modela a partir de la Formación Colorado, en el caserío El Veintisiete y la Guajira sobre la Formación Mugrosa. En San Ignacio y Zarzal La Y sobre el Grupo Real (Figura 15). Cubre el 0,61% del área y en ella son frecuentes los procesos de erosión laminar, surcos y cárcavas.

Figura 14. Escarpe de erosión menor localizado en el sector Siberia. Imagen tomada y modificada de Google Earth. (8/7/2005) Imagen Digital Globe.

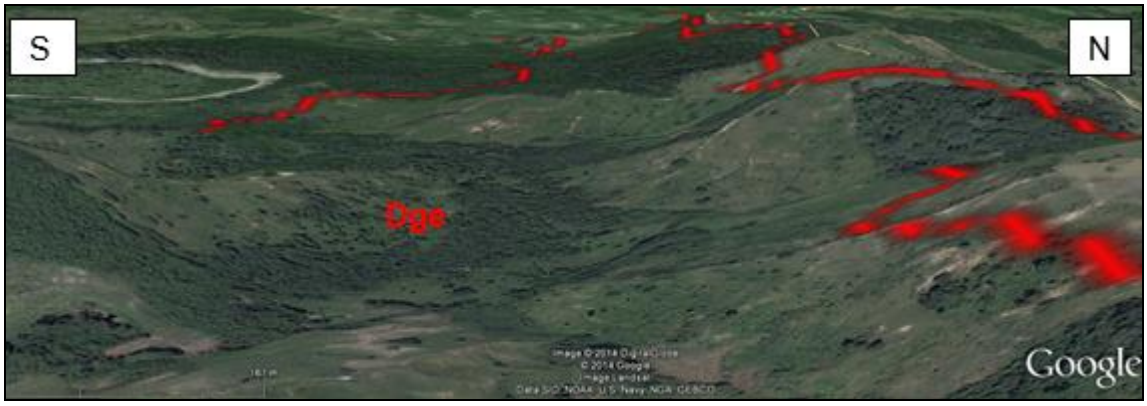


Figura 15. En rojo se delimita la unidad Glacis de erosión junto al piedemonte observado cerca al corregimiento de Albania en el Municipio de San Vicente de Chucurí (Santander). Imagen tomada y modificada de Google Earth. (8/7/2005) Imagen Digital Globe.

2.1.8 Loma denudada (Dld)

Prominencias topográficas de morfología alomada y elongada, con relieve relativo bajo, de laderas cortas, de forma convexa y recta, cuyas pendientes son muy abruptas. Su origen está asociado a procesos intensos de meteorización y de erosión diferencial. Algunas de las lomas presentan movimientos en masa que no son cartografiables a la escala de trabajo, de tipo rotacional y unos más pequeños traslacionales, en la vereda Clavellinas se inventarió un movimiento de estilo compuesto, tipo deslizamiento rotacional y flujo de tierra. Estos movimientos son de importancia baja debido a que no generan daños a la infraestructura ni pone en riesgo vidas humanas. La inestabilidad se presenta debido a la alta deformación iniciada por terracetas (Figura 16) por

sobrepastoreo de ganado vacuno, procesos de humectación-desecación que han generado inestabilidad y son detonados por la lluvia.

Se observó esta unidad tallando a todas las formaciones geológicas cenozoicas aflorantes en el área de estudio. Se presenta al margen derecho e izquierdo del río La Colorada, carca a su desembocadura en el río Magdalena. También se encuentra en El Cruce, Vereda Clavellinas, El Chucho. En total esta unidad abarca el 4,05% del área.

La Formación Umir también se encuentra modelada en su superficie por esta geoforma en los alrededores de la Quebrada La Carbonera, en donde se encuentra influenciada por la Falla de La Salina, la cual probablemente haya contribuido a la formación de esta geoforma debido a la fracturación asociada a la falla, que pudo haber propiciado los fuertes fenómenos erosivos que dieron origen a la loma. Este efecto contribuyente al modelado geomorfológico se puede asumir también en cercanías al corregimiento de Albania, donde la deformación de la roca asociada a la Falla de Arrugas pudo facilitar la erosión.

En general, presenta una densa cobertura vegetal representada en pasto y matorrales, su principal uso es la ganadería y en algunos lugares es zona industrial. Muestra fuertes procesos erosivos y alto grado de meteorización, hay desarrollo de una delgada capa de suelo residual color amarillo rojizo de granulometría variable dependiendo de la formación geológica afectada.

Figura 16. Loma denudada, localmente presentan movimientos en masa en la vereda Clavellinas.

2.1.9 Lomeríos disectados (Dldi)

Realces topográficos de morfología alomada con cimas redondeadas y amplias, con laderas cortas que presentan una pendiente muy inclinada levemente disectadas. Formadas a partir de procesos erosivos sobre del Grupo Real especialmente en los sectores correspondientes a las Veredas Aguas Blancas y El Diviso.

Esta unidad se encuentra cubierta en algunos sectores con rastrojos altos y principalmente por pastos que son aprovechados como potreros para ganadería extensiva (Figura 17). En total abarca 1,55% del área estudiada, en ella se presentan erosión laminar y algunos surcos.

2.1.10 Loma residual (Dlor)

Esta unidad se caracteriza por tener alturas que en esta plancha varían entre 150-180 m de altura sobre su nivel base local, tienen morfología alomada y elongada, con relieve relativo bajo, las laderas son convexas, la pendiente es muy inclinada y desarrollan capas de suelo residual de casi 3 m de espesor, han sido afectados por intensos procesos de meteorización y erosión diferencial.

En la plancha 119, esta geoforma se observa modelando la Formación Colorado predominantemente en El Cerrito, al sur de Sincelejo y al E de Campo Lejano. Se localizaron prominencias topográficas con estas características al oriente y occidente de la Falla de Infantas, en este caso principalmente la Formación Mugrosa es la moldeada, lo mismo ocurre hacia la parte sur oriental de la plancha, sobre el eje del Anticlinal de San Luis. También se encuentra en territorio antioqueño, en la vereda La Raya. En conjunto abraca el 8,53% del área.

Figura 17. Lomeríos disectados (Dldi) en el sector La Palmita. Imagen tomada y modificada de Google Earth. (8/7/2005) Imagen Digital Globe.

Así mismo, al noreste de la Plancha, entre la Falla de Infantas y el eje del Sinclinal de Peña de Oro, esta geoforma se debe a la erosión del Grupo Real. En el límite suroriental del área, se desarrolla en la Formación Umir, en el bloque este de la Falla La Salina.

Esta unidad se observó en el Municipio de San Vicente de Chucurí, sobre la Formación Colorado, presentando cobertura vegetal predominantemente pastos y matorrales y su uso ganadería, mientras que en el sector Paujil la cobertura vegetal es densa y corresponde a rastrojos altos. La geoforma tiene pendiente muy inclinada, longitud de la ladera corta y convexa (Figura 18), presenta drenaje subparalelo y canales en “V” cerrados.

Figura 18. Geoforma de loma residual denudada (Dlor) del sector Paujil.

En el sector conocido como el Limoncito en San Vicente de Chucurí sobre el Grupo Real se registró en el Sistema de Información de Movimientos en Masa un movimiento de tipo reptación de suelo que abarca 80m de ancho de masa desplazada sobre esta geoforma. En este sector la erosión es muy fuerte, sobre todo en los cortes de la vía, donde se producen surcos y cárcavas que cambian la forma de la ladera a cóncava, facilitando el colapso de la parte superior, desarrollando algunos movimientos de tipo caída de rocas y detritos en la vía (Figura 19).

2.1.11 Lomeríos poco disectados (Dlpd)

Prominencias topográficas de morfología alomada con cimas redondeadas y de laderas cortas ligeramente convexas con pendientes que oscilan entre 10-20°. En estas unidades la incisión del drenaje es muy leve, además presenta erosión de tipo laminar en sectores donde predominan los pastos o no se presenta cobertura vegetal; aunque en varios sectores hay una densa capa de rastrojos altos (Figura 20).

Esta unidad se encuentra en El Porvenir; modelada sobre rocas pertenecientes al Grupo Real, en San Rafael y la Vereda Ciénaga sobre la Formación Colorado y la Formación Mugrosa en el Municipio de Yondó, en la esquina NW de la plancha y cubre el 4,50% del área de la plancha 119.

En sectores desprovistos o con escasa cobertura vegetal, se dan procesos de erosión laminar.

Figura 19. Surcos y cárcavas afectando un lomo residual denudado en la vía Puerto Parra-Bucaramanga.

Figura 20. Lomeríos poco disectados (Dlpd) al occidente del sector El Diamante.

2.1.12 Lomo residual (Dlres)

Elevación de terreno menor a 200 m sobre su nivel base local, de morfología alomada y alargada, de laderas cortas, forma convexa, índice de relieve muy bajo, pendiente abrupta y presenta drenaje dendrítico. Estas características se

observaron en la unidad presente en el sitio conocido como Campo Diez y Seis en la vereda El Centro del Municipio de Barrancabermeja (Figura 21), muestra evidencia de procesos de erosión en terracetas y meteorización en el cambio del color y deterioro del material geológico.

Esta unidad modela al Grupo Real, a la Formación Mugrosa y a la Formación Colorado hacia la parte central de la plancha y a lo largo de la Falla de Infantas abarcando un 1,68% del área.

Se presentan algunos movimientos en masa, de tipo reptación de suelos al occidente de Tres Esquinas, por la vía hacia el Ferrocarril del Atlántico, en donde la masa desplazada alcanza los 70m. Caída de rocas se presentan por la vía Santa Clara – Oponcito, asociados a los taludes de la vía, en trayectos que superan los 40m lineales, estos movimientos se encuentran parcialmente controlados con muros de contención. También se presenta un deslizamiento traslacional en la misma vía, donde se expone la roca estratificada a favor de la pendiente, en este caso el ancho de la masa desplazada es de 50m.

Figura 21. Lomo residual observado en el sitio conocido como Campo Diez y Seis en la vereda el Centro del Municipio de Barrancabermeja (Santander).

2.1.13 Montículos y ondulaciones denudacionales (Dmo)

Caracterizados por ser una elevación del terreno que varía entre 20-50 metros sobre su nivel de base local, de morfología colinada, de laderas cóncavas a rectas suavemente inclinadas y con drenajes divergentes; estas formas deben su origen a procesos de meteorización y erosión intensa sobre rocas blandas o friables dispuestas de manera horizontal o ligeramente inclinadas, desarrollan una fina capa de suelo residual y en algunos casos debido al uso como potreros para ganadería, presenta reptación de suelo que se vio favorecida por la erosión en terracetas de pastoreo.

Esta geoforma es la más predominante del ambiente denudacional y de toda la plancha, abarcando el 25,08% del área se encuentra modelada sobre todas las unidades sedimentarias Cenozoicas. Esta geoforma se observó por la vía que va de Yarima hacia Albania en el Municipio de San Vicente de Chucurí, sobre la Formación Colorado, presenta meteorización moderada, erosión laminar, tierras malas y terracetas de intensidad suave, patrón de drenaje subdendrítico de textura mediana, desarrollo de suelo residual color rojizo, índice de relieve bajo, ladera inclinada de longitud muy corta y convexa; forma de canal en V abierta. Su principal uso es la ganadería y la cobertura del suelo es predominantemente pastos (Figura 22).

Figura 22. Geoforma de montículos y ondulaciones denudaciones limitando con llanura de inundación por la vía que conduce de Yarima hacia Albania en el Municipio de San Vicente de Chucurí (Santander).

Hacia la parte Este en el Municipio de Yondó (Antioquia) casi todo el sector corresponde con la Formación Mugrosa y está modelada por esta geoforma. Asimismo, se observa en el suroccidente de la plancha, en territorio santandereano, cerca de la ciénaga Chucurí, en donde la geología también corresponde con la Formación Mugrosa. La Formación Colorado está tallada por esta geoforma hacia la parte central de la plancha y casi que a lo largo del eje del Sinclinal de Infantas, en las poblaciones Aguas Blancas, Varasanta, La Estrella y Campo Cinco.

Además, el Grupo Real se ha labrado en esta geoforma hacia la parte norte y este de la plancha; al este de la Falla de Infantas y sobre los ejes del Sinclinal de Peña de Oro y el Anticlinal de San Luis, en las poblaciones Bellavista, Tesoro Cinco y Buenos Aires.

Esta unidad, debido a su muy bajo relieve relativo, no presenta movimientos en masa de muy grandes dimensiones, los que se desarrollan son principalmente reptaciones de suelo (Figura 23) que se encuentran afectando principalmente potreros, generando daños leves y que no representan un riesgo inminente.

Figura 23. a) Montículos y ondulaciones denudacionales en los alrededores de la Ciénaga La Represa, b) detalle de la reptación de suelos y las terracetas de pastoreo.

En el sector conocido como San Luis en el Municipio del Carmen de Chucurí, esta geoforma expuesta sobre la formación Colorada, presenta una escasa cobertura vegetal dominada por pastos y cuyo uso principalmente corresponde con ganadería; por lo que en algunos sectores presenta corrimientos de suelo debido al sobrepastoreo de ganado vacuno en forma de terracetas, también se observa erosión esferoidal. El grado de meteorización es intermedio y se evidencia en el cambio de color del material geológico y desarrollo de una delgada capa de suelo residual.

2.1.14 Planicie (Dp)

Porción de terreno extensa y plana, no confinada de relieve relativo muy bajo y pendiente plana. En la plancha 119 se presentan cerca a zonas fluviales en donde se encuentra cerca de lomos denudacionales bajos. Se forman debido a los intensos procesos denudativos.

Modela a la Formación Mugrosa al noroccidente y suroccidente de la plancha, en Antioquia y Santander (Municipios de Barrancabermeja y Simacota). Así mismo, el Grupo Real esta labrado por esta unidad hacia la parte sur-central en el sector conocido como La Cabaña y la Vereda Guayabal, también al nororiente de la plancha; al norte de Albania, El Horizonte y Dagotá cubriendo un 6,99% del área.

Por el contrario, para la Formación Umir en esta plancha, esta geoforma no fue definida en ninguno de sus afloramientos.

En el Municipio de Simacota en el departamento de Santander, se observa esta geoforma (Figura 24); se trata de una planicie de índice de relieve muy bajo, inclinación plana, de longitud extremadamente larga y rectilínea. Ostenta una densidad de drenaje baja, de textura fina con un patrón subparalelo, conformada por el Grupo Real, desarrollando una fina capa de suelo residual, el grado de meteorización que muestra es bajo y el tipo de erosión es laminar de intensidad suave.

La principal cobertura vegetal consiste de pastos que son utilizados para el desarrollo de actividades ganaderas. Esta unidad es muy estable en cuanto a la susceptibilidad a movimientos en masa debido a su muy bajo relieve relativo.

Figura 24. Extensa Planicie observada en la vereda Guayabal en el Municipio de Simacota (Santander) con pastos como principal cobertura vegetal y uso ganadería.

2.1.15 Planicie colinada denudada (Dpcd)

Superficie de erosión suavemente ondulada de paisaje colinado, que presenta pendientes abruptas, con laderas cortas rectas a cóncavas, donde predomina el patrón de drenaje dendrítico. Son producto de la erosión intensa que afectó al Grupo Real en la zona NE de la plancha; en sectores como La Esperanza y Bélgica, a la Formación Mugrosa al NW; en San Miguel del Tigre (Yondó) y en la zona central a la Formación Colorado en El Quemadero, Oasis y Bucarella abracando el 8,71% del área.

Por la vía Bucaramanga-Barrancabermeja, en el sitio Zarzal La Gloria se presenta un movimiento tipo flujo de tierra que afecta un área de 2100m^2, desarrollado sobre el Grupo Real. Presenta erosión laminar y en surcos, también algunos flujos de tierra de pequeña dimensión. Principalmente se encuentra cubierta por pastizales y algunos matorrales dispersos (Figura 25).

Figura 25. Planicie colinada en el sector Zarzal La Gloria.

2.1.16 Penillanura o peneplanicie (Dpn)

Esta geoforma se caracteriza por ser una superficie de extensión regional ligeramente ondulada, estas ondulaciones forman una repetición sistemática de cerros bajos que varían de altura según la intensidad de los procesos denudativos de la zona, en general los cerros que conforman estas ondulaciones son alargados, con cimas de altura similar, separados por drenajes subparalelos (Figura 26).

Esta unidad se observó sólo sobre el Grupo Real, en el sector La reforma, El Recreo y Buenos Aires cubriendo el 0,27% del área.

El grado de meteorización es débil y el tipo de erosión es laminar de intensidad suave. El principal uso es ganadería y su cobertura es predominantemente pasto. Esta geoforma presenta muy baja susceptibilidad a movimientos en masa, pero puede presentar problemas de inundación.

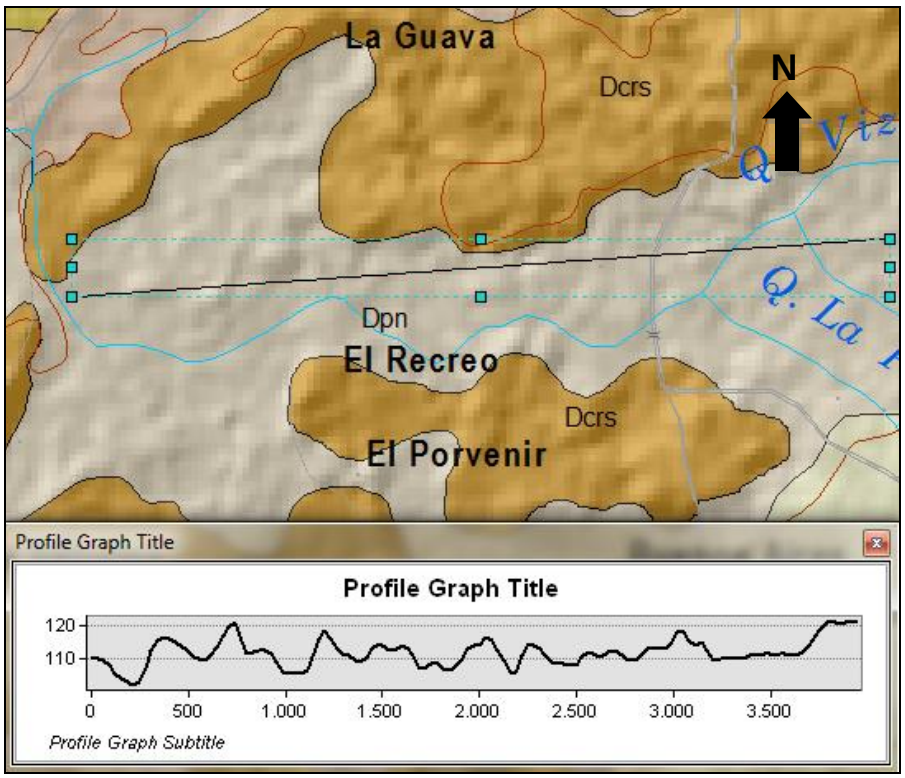


Figura 26. Perfil topográfico de la unidad penillanura elaborado con el Modelo Digital de Elevación en ArcGIS. Se observa unas ligeras ondulaciones en el terreno, las cuales tiene una altura alrededor de los 10m.

2.1.17 Superficie de erosión o aplanamiento (Dsa)

Área extensa de topografía relativamente plana conformada por rocas pertenecientes a la Formación Colorada y el Grupo Real, las cuales han sido fuertemente meteorizadas. Se localiza en los sectores Campo Alegre, El Tesoro y Buenos Aires. La cobertura vegetal es de bosques, pastos y algunos cultivos (Figura 27). No se hallaron movimientos en masa asociados a esta geoforma. Abarca un área equivalente al 0,78%, presenta erosión principalmente de tipo laminar y no se reportaron movimientos en masa en esta geoforma.

Figura 27. Superficie de erosión o aplanamiento (Dsa). Foto tomada y modificada de Google Earth. (8/7/2005) Imagen Digital Globe.

2.2 GEOFORMAS DE ORIGEN FLUVIAL

Las geoformas descritas a continuación son modeladas debido a la dinámica fluvial; se detallan fluviales y lagunares, generalmente son productos de los procesos de erosión y acumulación de las corrientes de los ríos en clima activo e inactivo. En la Plancha 119-Barrancabermeja se encontraron geoformas aledañas a cauces activos y al interior de estos.

Debido al constante cambio en la dinámica fluvial, estas geoformas son muy variables, ya que pueden desarrollarse, migrar, transformarse y destruirse a mediano y corto plazo, especialmente las asociadas a los cauces activos. Por sus características morfológicas de muy bajo índice de relieve, estas unidades generalmente no son propensas a fenómenos de movimientos en masa.

2.2.1 Barra compuesta (Fbc)

Superficie formada por más de una barra que puede alcanzar varios kilómetros longitudinalmente. Se forman por el amalgamiento de varias barras debido a

varios eventos de erosión y sedimentación y/o recuperación de canales y causes abandonados.

Dentro de la plancha se observa hacia la parte más norte (Figura 31) y más sur del cauce activo del río Magdalena. En la parte sur del casco urbano del Municipio de Barrancabermeja llega a superar los 3km de longitud y 1km de ancho. En total representan el 0,35% del área estudiada.

La unidad se encuentra conformada por depósitos aluviales recientes (Qal). Presenta cobertura vegetal de matorrales y pastos predominantemente.

2.2.2 Barra longitudinal (Fbl)

Esta unidad se caracteriza por ser un cuerpo elongado visto desde planta; de forma convexa en superficie de morfología suavemente ondulada, dispuesta de forma paralela (en el centro) a los cauces fluviales mayores (Figura 32).

En la plancha 119 se observa al oeste, a lo largo del cauce activo del río Magdalena. Esta unidad geomorfológica se encuentra conformada por depósitos cuaternarios aluviales cubiertos por vegetación tipo bosque y pastos. Esta geoforma es la más abundante entre los diferentes tipos de barras, algunas llegan a superar el kilómetro de longitud. En su conjunto equivalen al 0,60% del área.

2.2.3 Barra puntual (Fbp)

Cuerpo en forma de media luna y morfología suavemente ondulada compuesto por crestas y artesas de poca altura. Esta geoforma se localiza en la parte cóncava de la curvatura del río Magdalena en sectores meandriformes, esto es debido a la acumulación de sedimentos que son erodados en la parte convexa del cauce.

El río Magdalena en la Plancha 119-Barrancabermeja VMM está representado por una curva meándrica, la unidad de Barra Puntual se observa en los dos puntos de inflexión del cauce del río, en la zona noroccidente y en centro-occidental del área de estudio, en el sector conocido como La Felicidad y al NW de Barrancabermeja (Figura 31), abarcando el 0,05% de la plancha 119.

2.2.4 Cauce aluvial (Fca)

Canal de forma irregular excavado por corrientes perennes, dentro de sedimentos aluviales. El área de estudio cuenta con una densa red hidrográfica que fluye en términos generales hacia el NW; hacia el río Magdalena. Las corrientes más representativas son río Opón; río Oponcito y Cascajales cuyos caudales nutren al río la Colorada. Estos cauces sobrepasan los 50m de ancho

y el río Magdalena en el área de estudio (Figura 28) llega a superar el kilómetro. En conjunto esta geoforma equivale al 2,81% del área.

Figura 28. Cauce del río Magdalena, visto desde el puente que une los departamentos de Santander y Antioquia

2.2.5 Complejo de orillales (Fco)

Se asocia a la divagación y sedimentación lateral de un río. Los complejos de orillares (point bars; meander scrolls); son barras de forma semilunar en la parte convexa (interior) de un meandro. Estas barras se originan debido al desplazamiento de la línea del flujo máximo hacia la parte cóncava de un meandro y una disminución de flujo en la parte convexa acompañada por una sedimentación.

Se localiza en el extremo norte del límite de la plancha en la margen derecha del río Magdalena, en una pequeña zona que representa el 0,000404% del área total.

2.2.6 Laguna (Flg)

Depósito natural de agua de origen fluvial, lo que es evidente ya que se encuentran hacia los bordes oriental y occidental del río Magdalena; seguramente se formaron en épocas de inundación de antiguas depresiones y que debido a que son pobremente drenadas permanecen durante tiempos secos. Hacia el oriente del río Magdalena las ciénagas más representativas son la Ciénega San Silvestre (Figura 29), el Zarzal, Juan Esteban, El Opón y Chucurí siendo esta la más grande, alcanzando las 1438 hectáreas; hacia el occidente las más representativas son la Ciénaga el Castillo, La Represa, Popa, Colector y Laguna Medio. En total representan el 2,35% del área estudiada.

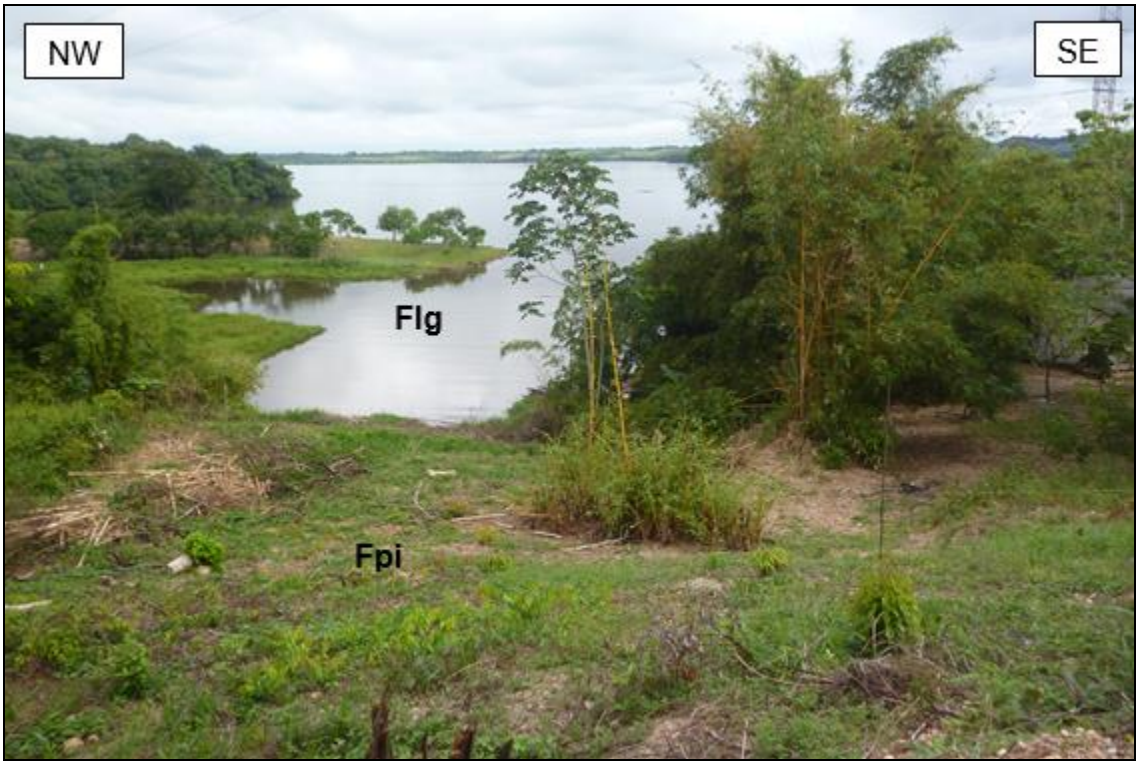


Figura 29. Ciénaga San Silvestre (Flg), al norte de Barrancabermeja y llanura de inundación (Fpi).

2.2.7 Meandro abandonado (Fma)

Sección en forma curva, correspondiente al antiguo cauce del río Opón, que debido a la migración lateral de la corriente, se produjo el estrangulamiento del meandro, causando el estancamiento del agua.

Estas geoformas se presentan como lagos en forma de “U” o media luna (Figura 30). Con el tiempo el agua se puede evaporar y la vegetación puede invadir dejando atrás un depósito aluvial. En la plancha 119 estas unidades geomorfológicas están asociadas al río Opón y equivalen al 0,01% del área.

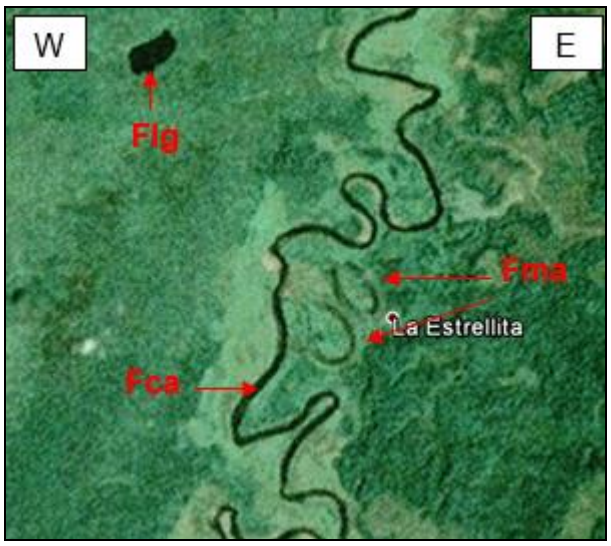


Figura 30. Meandros abandonados (Fma) por el río Opón (Fca). Imagen tomada y modificada de Google Earth. (12/31/1969) Image U.S. Geological Survey.

2.2.8 Plano o llanura de inundación (Fpi)

Extensa región plana con ligeras ondulaciones, inundable en épocas de alta pluviosidad. Se observan al borde y a lo largo de cauces fluviales. Presentan una red de drenaje de tipo subparalelo de mediana densidad. Localmente de esta superficie sobresalen montículos debido a la erosión y acumulación de sedimentos.

Se presentan principalmente a ambos lados y a lo largo del curso del río Magdalena (Figura 29) y a lo largo de los ríos Oponcito, Opón, Cascajales (Figura 31), La Colorada y las principales quebradas (Vizcaína, Peroles y El Zarzal), estas geoformas suman el 17,03% del área.

Estas zonas son muy estables en cuanto a movimientos en masa, debido a su muy bajo relieve relativo. Se encuentran cubiertas principalmente por pastos y en algunos sectores por matorrales y bosques.

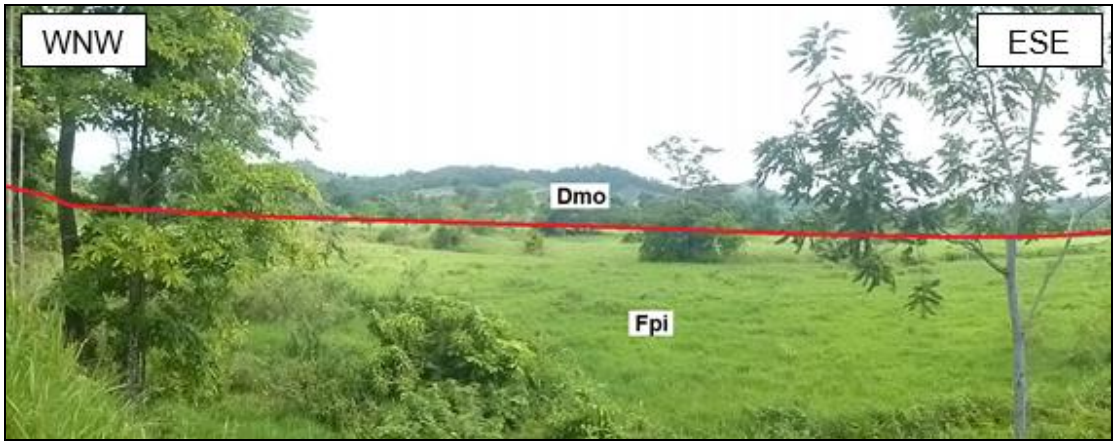


Figura 31. Llanura de inundación (Fpi) del río Cascajales observado en la vereda Clavellinas del Municipio del Carmen de Chucuri (Santander). Al fondo se observan montículos y ondulaciones denudacionales (Dmo).

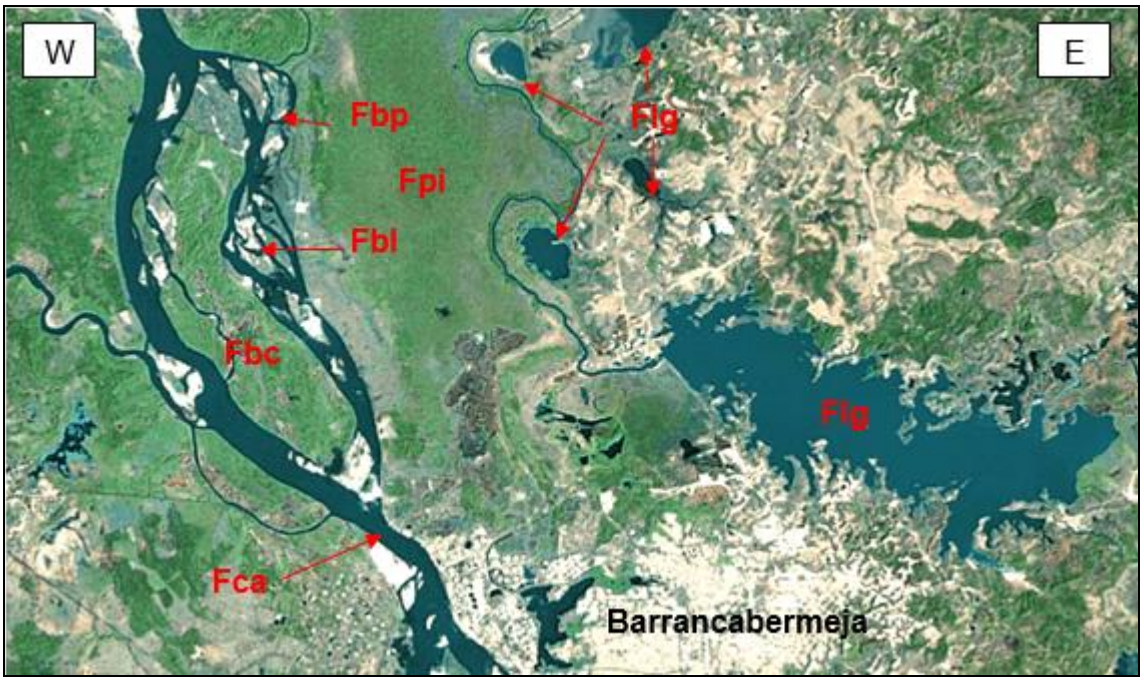


Figura 32. Cauce aluvial del río Magdalena (Fca) en área de Barrancabermeja. Se observan barras puntuales (Fbp), barras compuestas (Fbc) y barras longitudinales (Fbl) asociadas al cauce activo del río Magdalena. También, la unidad geomorfológica Laguna (Flg); la más grande correspondiente a la Ciénaga de San Silvestre. Imagen modificada de Terracolor, Earthstar Geographics (1/15/1999).

2.2.9 Terraza de acumulación (Fta)

Superficie plana elongada de longitud muy larga, ligeramente ondulada (Figura 33), desarrollada sobre depósitos cuaternarios a lo largo del cauce fluvial del río

Magdalena y el río Opón. Están limitadas por escarpes (Ftae) que varían de altura y que no son cartografiables a la escala de trabajo. Algunos Escarpes presentan inestabilidad en ocasiones causada por la socavación lateral de la corriente de agua; sin embargo estos movimientos no superan los 20m de longitud. Se observó con una densa cobertura vegetal compuesta por matorrales y pasto, siendo utilizada para propósitos ganaderos.

Esta unidad se encuentra modelada a lo largo de la llanura de inundación del rio Magdalena y en un tramo de la llanura de inundación de la quebrada Vizcaína sobre la Falla de Infantas. Representan el 3,89% del área total de la plancha 119.

Figura 33. Terraza de Acumulación observada en el Km 5 de la vía a la ciudad de Bucaramanga en el Municipio de Barrancabermeja (Santander).

2.2.10 Escarpe de terraza de acumulación (Ftae)

Talud sub-vertical que bordea terrazas aluviales de acumulación, se forma debido a la incisión y profundización de un cauce. Los escarpes alcanzan aproximadamente 60 metros de altura con respecto a su nivel base local y se encuentran modelados sobre depósitos cuaternarios de terraza. Se encuentran bordeando una terraza aluvial antigua al margen derecho del río Cascajales (Figura 34), en conjunto equivalen al 0,08% del área estudiada.

En la ladera se presentan pequeños movimientos de tipo reptación de suelo (Figura 35), no cartografiables; su principal uso es la ganadería. Presenta cobertura vegetal donde predomina el pasto y desarrollo de suelo residual. Asimismo, se observa erosión laminar e intensa meteorización.

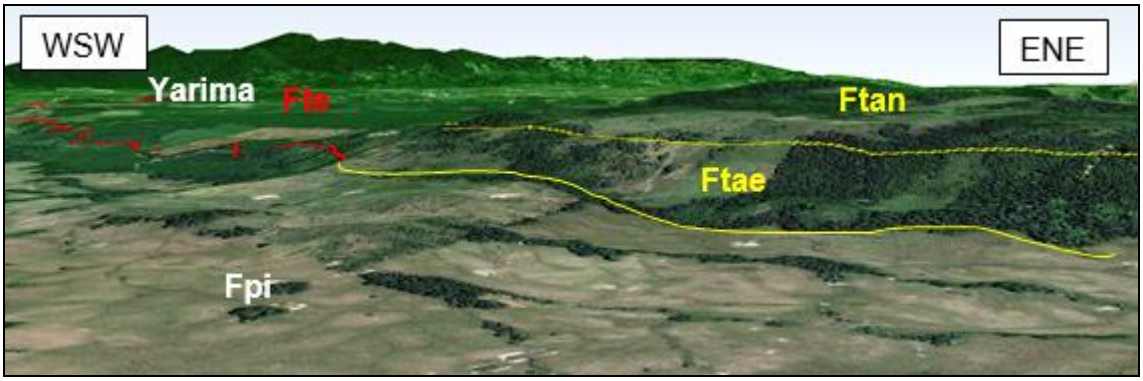


Figura 34. Escarpe de terraza de acumulación (Ftae) de 50m de altura, bordeando una terraza antigua. También se observa la llanura de inundación (Fpi) al margen derecho del río Cascajales y la terraza de erosión (Fte) en donde se encuentra Yarima. Foto tomada y modificada de Google Earth. (8/7/2005) Imagen Digital Globe.

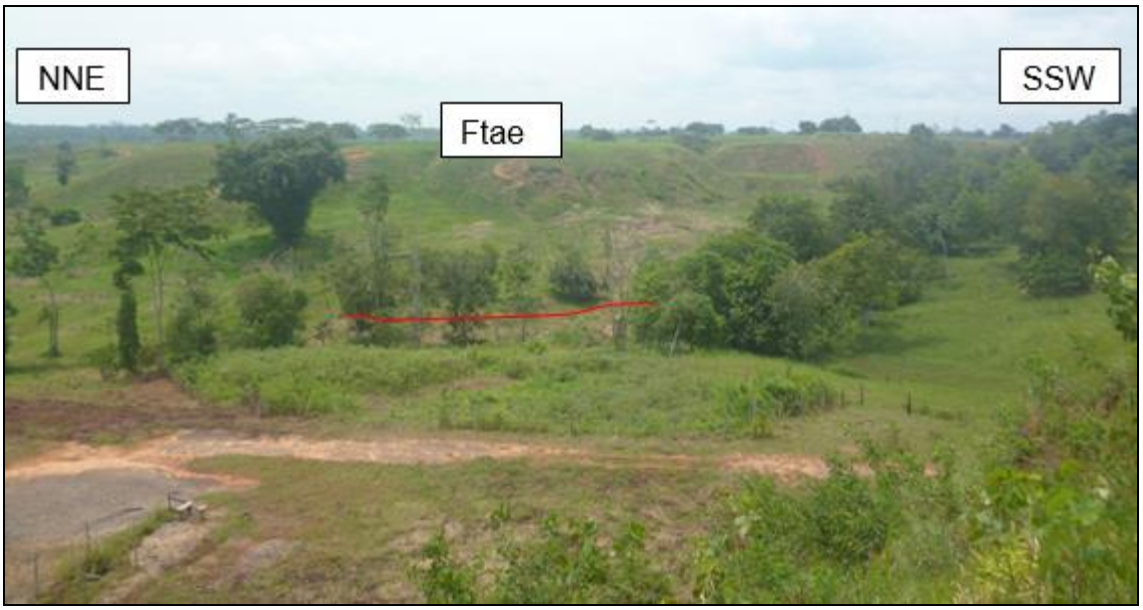


Figura 35. En rojo se marca la base del escarpe de terraza de acumulación (Ftae) observada por la vía que conduce de la Vereda Cuatro Bocas a La Vereda El Centro en el Municipio de Barrancabermeja (Santander). Se observa reptación de suelos.

2.2.11 Terraza de acumulación antigua (Ftan)

Franja alomada de varios kilómetros de extensión en forma de abanico ampliamente explayado, de laderas largas, con formas cóncavas y pendientes inclinadas, presenta drenaje subparalelo y desarrollo de suelo residual. En la plancha 119, representan el 1,48% del área total. La unidad presenta abundante cobertura vegetal tal como bosque, matorral y pasto y su principal uso es la ganadería.

La ladera presenta corrimientos de suelo de tipo reptación. Se encuentra al SE de la plancha a más de 1,5 km al norte del río Cascajales (Figura 36).

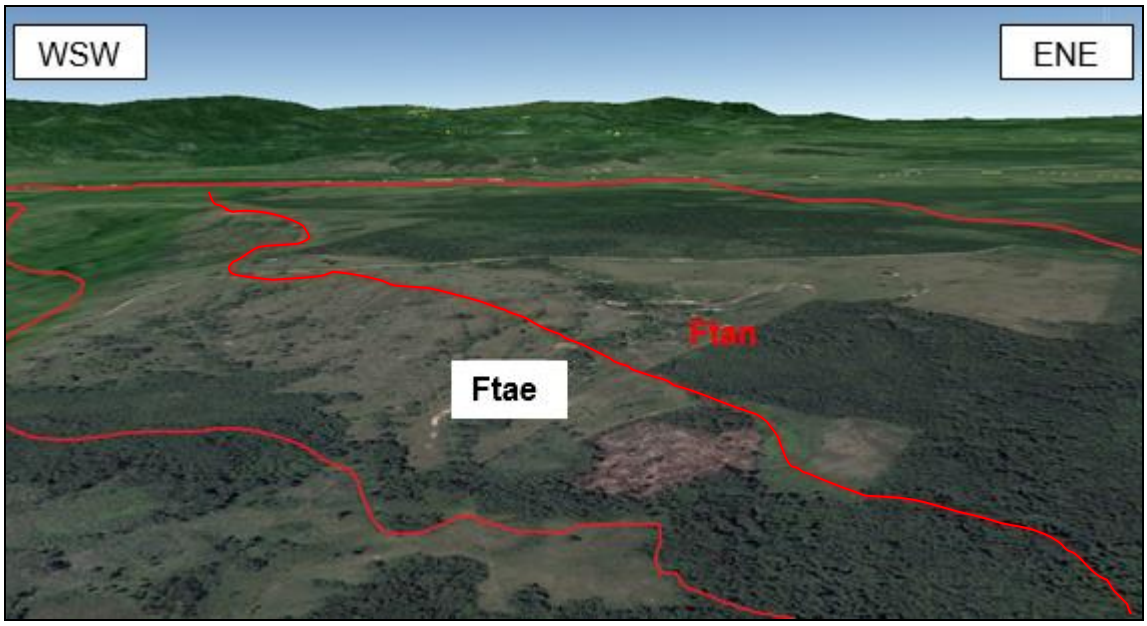


Figura 36. Terraza de acumulación antigua observada mediante imagen satelital en la Vereda Clavellinas del Municipio de San Vicente De Chucuri (Santander). Foto tomada y modificada de Google Earth. (8/7/2005) Imagen Digital Globe.

2.2.12 Terraza de acumulación subreciente (Ftas)

Superficie plana a suavemente inclinada de morfología ondulada, a modo de resalte topográfico, originadas por la ampliación del valle de un río al ganar importancia la erosión en sus márgenes. En la plancha geológica corresponden con depósitos aluviales (Qal) y depósitos de terraza aluvial (Qt).

Se observan franjas de terreno plano con ondulaciones, localizadas al margen derecho de los ríos Magdalena y La Colorada, también se encuentra en el sector Altamira, en el Municipio de San Vicente de Chucurí (Figura 37). Localmente presenta pequeños escarpes que no superan los 10 m de altura. Con densa cobertura vegetal, principalmente por cultivos y pastos para la ganadería. Hay pequeños procesos de reptación activos que no representan amenaza debido a que se encuentran en sitios aislados, no habitados y sin infraestructura que pueda ser afectada. El área que cubren es del 1,97%.

Figura 37. Delimitada en rojo la Terraza de acumulación subreciente (Ftas) en el sector conocido como Altamira. Imagen tomada y modificada de Google Earth (7/23/2014). Imagen CNES / Astrium.

2.2.13 Terraza de erosión (Fte)

Esta unidad geomorfológica se encuentra desarrollada por la unidad geológica cuaternaria de terraza aluvial (Qt). Es una extensa región plana elongada, localmente presenta ligeras ondulaciones y escarpes (Ftee) de diferente altura.

Esta geoforma se asocia al río Cascajales, en su margen derecho, en donde se encuentra asentado el Corregimiento de Yarima, San Vicente de Chucurí (Santander). El principal uso que se le da es para la agricultura (Figura 38). El área que abarca es del 1,57%.

2.2.14 Escarpe de terraza de erosión (Ftee)

Talud sub-vertical ligeramente escalonado que bordea terraza de erosión en la que se encuentra el corregimiento Yarima, su altura varía desde unos pocos metros hasta 50 m. El Origen se relaciona a la incisión producida por el cauce al profundizarse. Se encuentra cubierto principalmente por pastos utilizados para ganadería y algunos cultivos (Figura 39). Su pendiente la hace susceptible a la erosión y movimientos en masa. Tiene un área de 0,22% del total de la plancha.

Figura 38. En amarillo la terraza antigua (Ftan) y en rojo la terraza de erosión (Fte) en la que se encuentra el corregimiento Yarima. Foto tomada y modificada de Google Earth. (8/7/2005) Imagen Digital Globe.

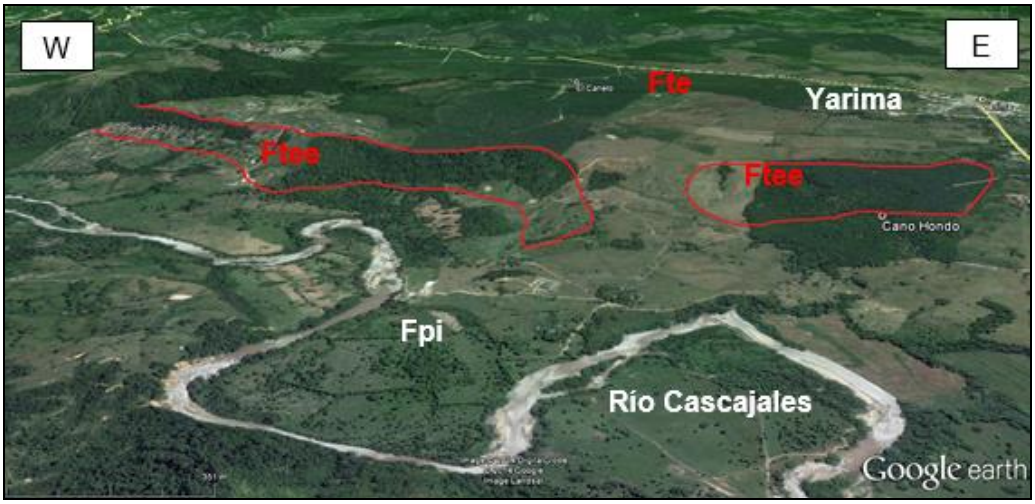


Figura 39. Delimitado en rojo la terraza de erosión (Fte) y escarpe de terraza de erosión (Ftee) observada a los alrededores de la vereda Yarima del Municipio de San Vicente de Chucuri. También se observa una llanura de inundación (Fpi). Foto tomada y modificada de Google Earth. (8/7/2005) Imagen Digital Globe.

2.3 GEOFORMAS DE ORIGEN MORFOESTRUCTURAL

Estas geoformas deben su origen a la dinámica interna de la tierra manifestada en pliegues cuando el material afectado es dúctil y fallas en el caso de material frágil. Las estructuras geológicas son las que modelan el paisaje, a pesar de estar sometidas a procesos externos de meteorización y erosión, aún presentan rasgos estructurales reconocibles. En la zona de estudio, suelen presentar fuertes procesos denudacionales activos debido a la orientación de las formaciones geológicas y al fracturamiento, en la mayoría de casos favorable para el desarrollo de movimientos en masa.

2.3.1 Espolón (Ses)

Salientes de morfología alomada, dispuesta perpendicularmente a la tendencia estructural general de la región, desarrollados sobre rocas sedimentarias y limitados por drenajes paralelos a subparalelos. Presentan crestas agudas, laderas de longitudes moderadas a largas, con pendientes que se ven reducidas de muy abruptas a inclinadas por intensos procesos denudativos.

En la plancha 119, estas geoformas presentan una dirección E-W; perpendicularmente a la tendencia estructural general de la región. Se desarrollan sobre la Formación La Luna y se encuentran localizados en la zona SE de la plancha, limitando con el cauce del río Oponcito. Estas geoformas se encuentran parcialmente en esta plancha; siendo la expresión final de estructuras que se desarrollan y se contemplan mejor en la plancha 120-Bucaramanga (Figura 40). Tiene un área de 0,02% del total de la plancha.

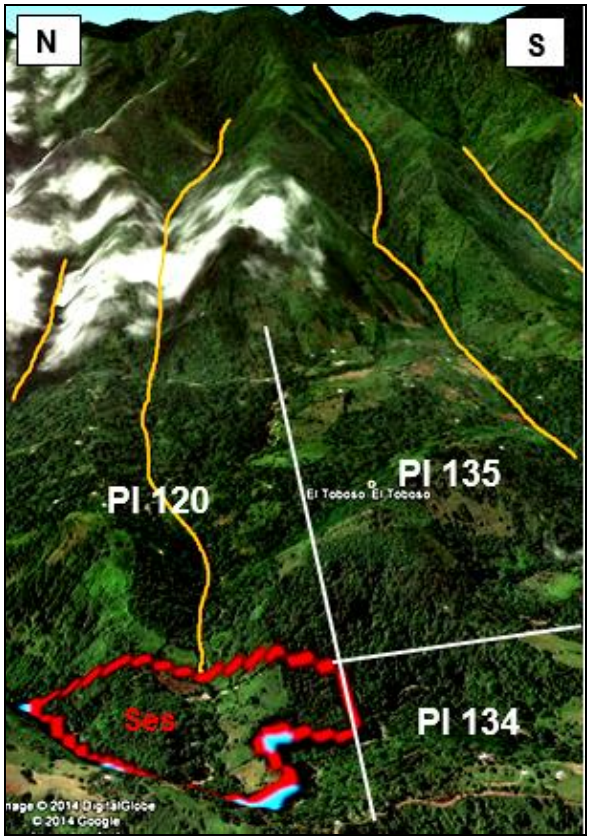


Figura 40. Espolones (Ses). En color naranja se delimitan los diferentes espolones y en rojo la sección aflorante. Imagen modificada de Google Earth. (6/9/2009)

2.3.2 Sierra homoclinal (Ssh)

Prominencia topográfica ligeramente simétrica, elongada y de morfología montañosa de cimas agudas, definida por una secuencia de estratos pertenecientes a la Formación Umir, apilados e inclinados (> 35°) en dirección Este. Es producto probablemente de la erosión del flanco occidental del Sinclinal Nuevo Mundo y la actividad de la Falla de La Salina.

Esta unidad hizo parte en algún momento de la sierra sinclinal (Nuevo Mundo), pero actualmente se observa aislada del flanco oriental del sinclinal debido a la falla La Putana y al valle asociado a la quebrada La Llana, por este motivo esta unidad se diferenció de la ladera de contrapendiente de sierra sinclinal (Ssslc) que se desarrolla al norte, donde se observa el desarrollo en plenitud de la Sierra Sinclinal de Nuevo Mundo con su típica forma en artesa (Figura 41).

Se localiza en el sector de La Llana Fría, en el límite este de la Plancha 119 (abarcando el 0,12% del área), donde solo se aprecia la parte occidental de la sierra homoclinal, la cual se encuentra mejor expuesta en la Plancha 120.

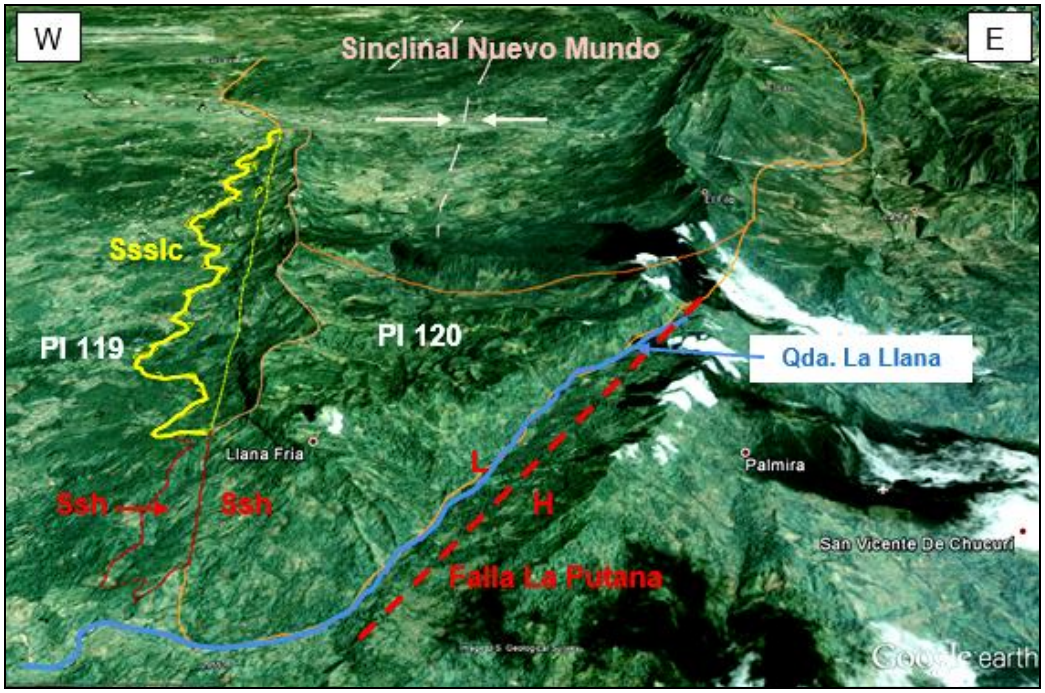


Figura 41. Delimitada en rojo la sierra homoclinal, que hace parte de la estructura Sinclinal Nuevo Mundo (delimitado en color naranja). En el flanco W del sinclinal, la ladera de contrapendiente de sierra sinclinal (Ssslc) (color amarillo). Imagen modificada de Google Earth. (12/31/1969).

2.3.3 Sierra sinclinal (Sss)

Sierra de morfología alomada, amplia en forma de artesa elevada formada en el eje de un sinclinal.

Modela a la Formación Colorado y a la Formación Mugrosa al oriente de la plancha sobre el eje del Sinclinal de Andes (Figura 42). Presenta algunos movimientos en masa de tipo deslizamiento traslacional y de reptación, no apreciables en la escala de trabajo. Se observa que su cobertura dominante es matorral, bosque y pasto, su uso es ganadería. Exhibe un drenaje subdendrítico de textura mediana. También se encuentra al SE de la plancha en el sector Aljibes, donde se modela a partir de las rocas pertenecientes a las formaciones Umir y La Luna cubriendo un área equivalente al 1,35%. Hay desarrollo de suelo residual y un grado débil de erosión y meteorización.

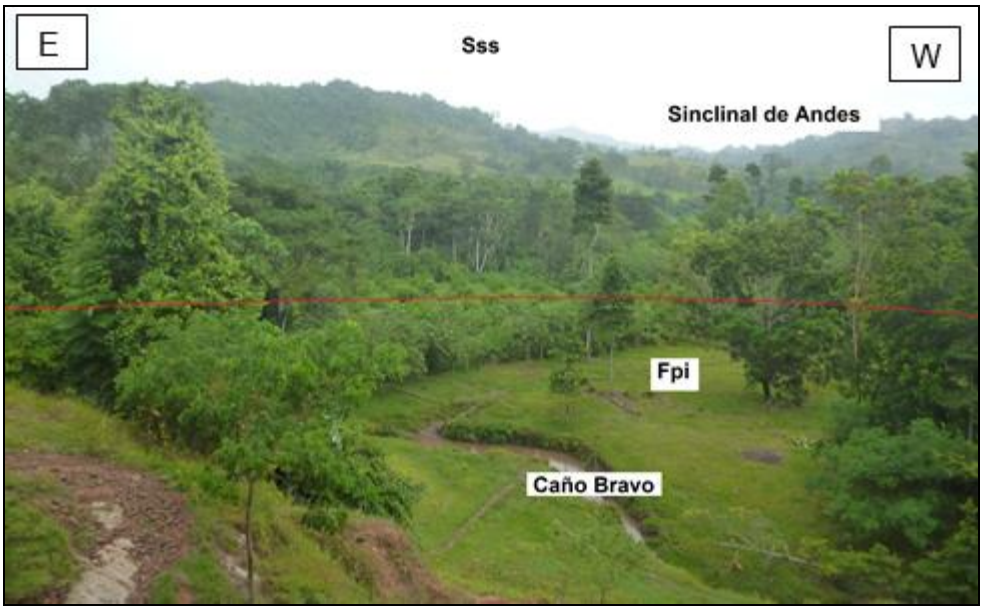


Figura 42. Sierra Sinclinal (Sss) observada desde la Llana Fría de San Vicente de Chucurí (Santander) y planicie o llanura de inundación (Fpi).

2.3.4 Ladera de contrapendiente de sierra sinclinal (Ssslc)

Ladera de sierra sinclinal generalmente denudada, definida por la disposición de estratos pertenecientes a la Formación Umir, inclinados en contra de la pendiente del terreno, de longitud moderadamente larga a muy larga, de formas irregulares y en algunos sectores escalonadas, con pendiente que varía de abrupta a escarpada. Presenta drenaje subparalelo.

Se localiza en el margen oriental de la plancha, en una franja con dirección norte sur, correspondiendo al flanco occidental del Sinclinal Nuevo Mundo (Figura 43) abarcando el 1,10% del área de la plancha 119.

En la vereda Nutria del Municipio de San Vicente de Chucuri (Santander), se observa esta unidad de relieve montañoso, con inclinación de la ladera abrupta a escarpada, de longitud larga y forma escalonada. Hay desarrollo de suelo residual, intensos procesos de erosión laminar, surcos y cárcavas. Sus usos son ganadería, vías, viviendas y zona industrial, su cobertura es vegetación herbácea, pastos, matorrales y bosques. Hay algunos movimientos en masa a lo largo de la ladera especialmente las zonas más escarpadas, estos eventos no se representan debido a que no son cartografiables en la escala de trabajo.

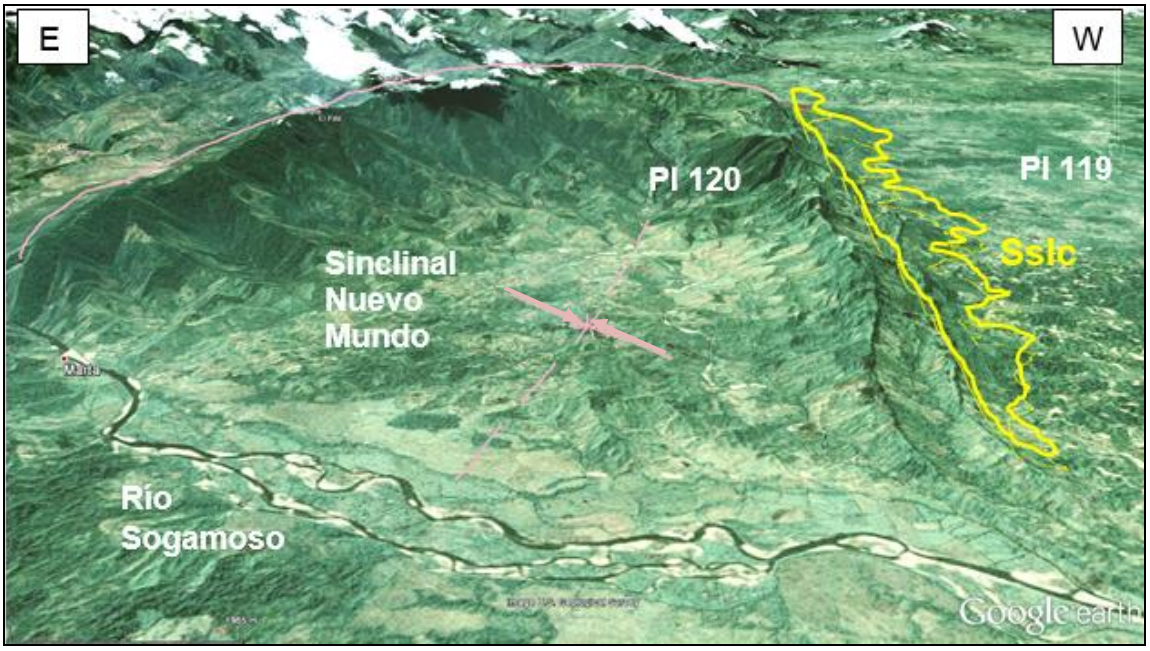


Figura 43. Delimitada en color amarillo la ladera de contrapendiente de sierra sinclinal (eje en rosado), asociada al flanco occidental del Sinclinal de Nuevo Mundo. Imagen tomada y modificada de Google Earth. (12/31/1969) Image U.S. Geological Survey.

2.3.5 Ladera estructural de sierra sinclinal (Sssle)

Superficie definida por estratos inclinados a favor de la pendiente del terreno, conformando una artesa, de longitud corta a moderadamente larga, forma cóncava y pendientes inclinadas a abruptas, relacionada al flanco de una estructura sinclinal.

Esta unidad geomorfológica cubre el 0,14% del área y se localiza en el margen oriental de la plancha 119, se desarrolla sobre rocas cretácicas pertenecientes a las formaciones La Luna y Umir. Hace parte de una estructura sinclinal mayor que se aprecia mejor en la plancha 120 y, que ha sido afectada por intensa erosión diferencial que ha provocado en algunos sectores laderas escalonadas (Figura 44).

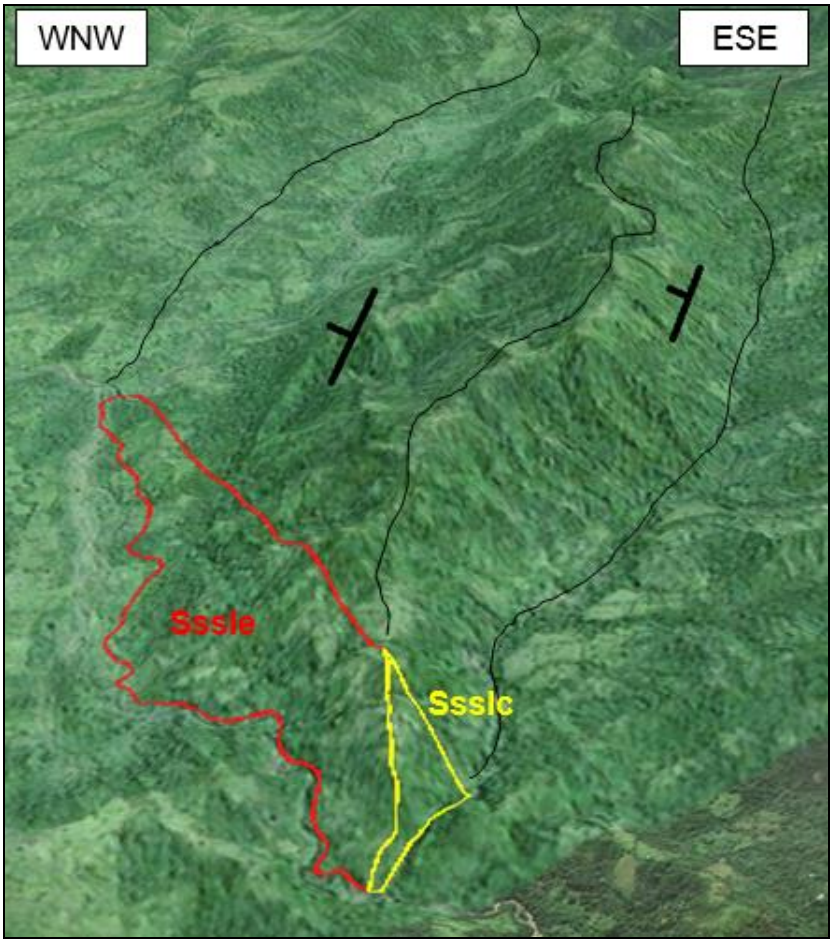


Figura 44. En rojo se delimita la ladera estructural (Sssle) y en amarillo la ladera de contrapendiente de sierra sinclinal (Ssslc). En negro se representa la tendencia estructural de los estratos. Imagen tomada y modificada de Google Earth. (12/31/1969) Image U.S. Geological Survey.

Esta geoforma es propensa a deslizamientos traslacionales planares debido a la orientación de los estratos a favor de la pendiente, sin embargo debido a lo localización remota y de difícil acceso, sumado a la densa cobertura vegetal de bosques, no se pudo identificar deslizamientos.

2.4 EVOLUCIÓN GEOMORFOLÓGICA

La Plancha 119 - Barrancabermeja VMM se encuentra localizada al occidente del departamento de Santander y al oriente de Antioquia, en una región con una historia geológica compleja, que ha producido las características geomorfológicas que hoy en día presenta.

Asociada a la formación de los Andes de Colombia, la cuenca del Valle Medio del Magdalena (VMM) se origina a partir de la fragmentación de una ancestral

cuenca antepaís asociada a la Cordillera Central y ahora al levantamiento por inversión tectónica de la Cordillera Oriental (Caballero *et al*., 2010). Eventos orogénicos anteriores a la Orogenia Andina ya habían imprimido rasgos característicos tanto al escudo como a los terrenos acrecidos, pero fue la orogenia Andina la que definió gran parte del relieve actual colombiano. (Flórez, 2003).

Como producto de la tectónica compresiva durante el Paleoceno-Mioceno causada por la subducción de la Placa de Nazca bajo la Placa Suramericana, se originó un cinturón orogénico plegado; los anticlinales y sinclinales fueron exhumados por la acción conjugada de fallas profundas que en un principio delimitaban las cuencas del Magdalena y del Cocuy; fallas que debido a la compresión cambiaron su carácter a tipo inverso (Cortés *et al.,* 2006). Estos pliegues moldearon el relieve originando sierras sinclinales, anticlinales y estructuras tipo Horst, con una orientación general NNE, perpendicular a los máximos esfuerzos compresivos. Las Llanuras del Valle Medio del Magdalena (VMM) son una depresión tectónica intramontana producto del levantamiento diferencial del Sistema Cordillerano Andino (IDEAM, 2010). “Las depresiones interandinas también fueron levantadas, sólo que en menor proporción; en general hasta menos de 700 m” (Flórez, 2003) causando un retroceso en el mar y el consecuente desarrollo de sistemas fluviales como el río Magdalena y su red de afluentes que drenan las montañas; estos fluyen en términos generales (en la plancha 119) en sentido NW hasta el río Magdalena, convirtiendo la llanura en áreas inundables y receptores de sedimentos provenientes de las cordilleras Oriental y Central.

Hace aproximadamente 23 Ma (final del Paleógeno) Colombia se ubicaba en la zona ecuatorial (donde se encuentra en la actualidad), alcanzando climas relativamente más húmedos y más fríos (Bowen 1978, en Flórez, 2003). El levantamiento cordillerano fue otro factor que afectó el clima al funcionar como una barrera, propiciando un clima más húmedo al aumentar la interceptación de la humedad de las corrientes de aire. El aumento de las lluvias en la zona montañosa promovió la erosión pluvial, esta afecta preferencialmente a las rocas meteorizadas químicamente, producto principalmente del efecto de ácidos orgánicos provenientes de la fauna y flora. El fracturamiento también es un agente potencializador de la erosión y de la generación de movimientos en masa.

En el área de estudio y la zona circundante se observa que los sinclinales aparecen como estructuras “colgadas”, con índices de relieve considerablemente mayores que las estructuras anticlinales asociadas. Tal es el caso del Anticlinal de Opón-Sinclinal de Armas, Anticlinal de Aragua-Sinclinal de Vélez, Anticlinal de Peña de Oro-Sinclinal de Andes y (al sur del área de estudio, en la plancha 143), el Anticlinal Las Monas y Sinclinal Nuevo Mundo

(plancha 120), Anticlinal río Sucio y Sinclinal Naranjito (en la plancha 109). Posiblemente esta "inversión del relieve" se deba a que la charnela de los anticlinales esté expuesta a esfuerzos de tensión, facilitando la formación de diaclasas abiertas que facilitan la circulación de aguas meteóricas de escorrentía a través de ellas, facilitando la meteorización y la erosión. Esto podría explicar el degradamiento más acelerado e intenso que se observa en los anticlinales y la preservación preferencial de los flancos y no del núcleo.

Como resultado de la tectónica, en la plancha 119 se desarrollan sobre rocas cretácicas de las formaciones La Luna y Umir, geoformas estructurales hacia el límite oriental de la plancha 119; principalmente sierra homoclinal (Ssh), laderas de contrapendiente de sierra sinclinal (Ssslc) y laderas estructurales de sierra sinclinal (Sssle) asociadas al Sinclinal Nuevo Mundo, el cual se expresa geomorfológicamente mejor en la plancha 120. Estas geoformas son particularmente susceptibles a movimientos en masa, principalmente de tipo traslacional, debido a la intensa fracturación y en algunos casos a la disposición desfavorable de planos de debilidad de la roca (foliación, estratificación, diaclasas etc.). Este ambiente estructural se ve prácticamente limitado por el cabalgamiento de la Falla de La Salina, presenta la topografía más alta y las pendientes más pronunciadas. Bajo este ambiente estructural también se han desarrollado los espolones (Ses) con una orientación E-W, perpendicular a la tendencia estructural N-S de la región. Al occidente de esta falla de cabalgamiento sólo quedan dos geoformas estructurales remanentes; al SE de la plancha se pudo distinguir vestigios de lo que probablemente el algún momento fue una sola Sierra Sinclinal asociada al Sinclinal de Andes y que hoy en día, solo se expresa en dos sectores aislados debido a la incisión en el terreno provocada por la quebrada Arrugas y el Caño Arenoso, que han supeditado el ambiente estructural a geoformas como planicies colinadas denudadas (Dpcd) y Superficie de erosión o aplanamiento (Dsa) propias del ambiente denudativo y, también se desarrollan geoformas de ambiente fluvial como terrazas de erosión (Fte) y sus escarpes asociados (Ftee).

En la mayor parte del área que comprende la Plancha 119-Barrancabermeja**,** hacia el occidente de la Falla de La Salina, priman los ambientes denudacionales y fluviales. La fuerte erosión que afecta las rocas aflorantes cenozoicas ha provocado que las estructuras geológicas tales como las fallas Casabe, Infantas, Arrugas y, los pliegues presentes (Sinclinales Infantas, Peña de Oro, Andes y el Anticlinal San Luis) se hayan degradado hasta un punto en que ya no tienen una clara expresión geomorfológica. Provocando que el relieve asociado haya quedado subordinado a los efectos de la intensa erosión y acumulación de material proveniente de la Cordillera Oriental y Central.

En el ambiente denudacional se expresan diecisiete geoformas, siendo los montículos y ondulaciones denudacionales (Dmo) los que cubren una mayor

área (25,08%). Estos se encuentran modelados sobre todas la unidades geológicas cenozoicas aflorantes. En la zona también se encuentran geoformas con índices de relieve mayor que los montículos, los cerros denudados, cerros residuales, las colinas residuales y los lomeríos. Estas geoformas se han desarrollado en forma distribuida a lo largo y ancho del área, sin presentarse una clara preferencia por litología o sitio geográfico; las formaciones geológicas cenozoicas aflorantes han presentado una respuesta similar ante los procesos erosivos, lo que ha evitado el desarrollo de un claro contraste de relieve entre las distintas unidades geológicas (Figura 45), esto evidencia una cierta homogeneidad en las condiciones medioambientales a lo largo y ancho del área y una resistencia a la erosión semejante, esto se ve reflejado en las calificaciones dadas a la resistencia geológica, siendo todas las formaciones geológicas presentes valoradas como duras y moderadamente duras.

En el sector correspondiente a la plancha 119, el río Magdalena presenta un cauce que supera los 1000m de ancho, manifestando características de un río trenzado. Esto se debe a la gran carga de sedimento que transporta y a la baja energía que presenta, esto produce que los sedimentos transportados provenientes de las cordilleras Central y Oriental sean continuamente depositados y removilizados, debido a las fluctuaciones en la energía del sistema fluvial, dando origen a múltiples barras, principalmente de tipo longitudinal (Fbl) que llegan a superar el kilómetro de longitud y los 300m de ancho. A medida que las barras migran, estas se pueden juntar y originar barras de tipo compuesto (Fbc) que alcanzan áreas mayores a las 300 hectáreas. En menor medida, debido a la baja sinuosidad del río Magdalena; se forman barras puntuales. Los principales afluentes del río Magdalena corresponden a los ríos Cascajales, Opón, Oponcito y La Colorada, los cuales alcanzan dimensiones para ser cartografiados como cauces activos (Fca). Estos ríos se originan en la Cordillera Oriental y fluyen en una dirección general NW, hasta desembocar al río Magdalena. Estos afluentes presentan una geometría meandriforme. En términos generales la red de drenaje en el área de estudio es de tipo dendrítico.

En el ambiente fluvial también se generan geoformas de tipo terraza, formadas por la acción conjugada de procesos erosivos y de acumulación. En la esquina SE de la plancha se desarrollan varias terrazas de tipo subreciente (Ftas), de erosión (Fte) y antiguas (Ftan) con sus respectivos escarpes y llanuras de inundación. Estas terrazas al margen derecho del río Cascajales podrían indicar un rejuvenecimiento de la corriente, debido a la tectónica aún activa en la región, provocando una migración del cauce hacia el SE. El muy bajo relieve relativo general de la zona y la presencia de algunos suelos y rocas poco permeables han contribuido a que se presenten geoformas asociadas a cuerpos lóticos que se producen por acumulación de aguas lluvias, de escorrentía difusa y concentrada además de posiblemente agua proveniente de antiguas crecidas y desbordamientos del río Magdalena, dando lugar a múltiples ciénagas (Flg),

algunas alcanzando áreas mayores a las 1000 hectáreas. Estos cuerpos de agua pueden variar considerablemente en su área debido a cambios (aumento o disminución) en el nivel de agua producidos por intensas y prolongadas precipitaciones o largas temporadas de sequía.

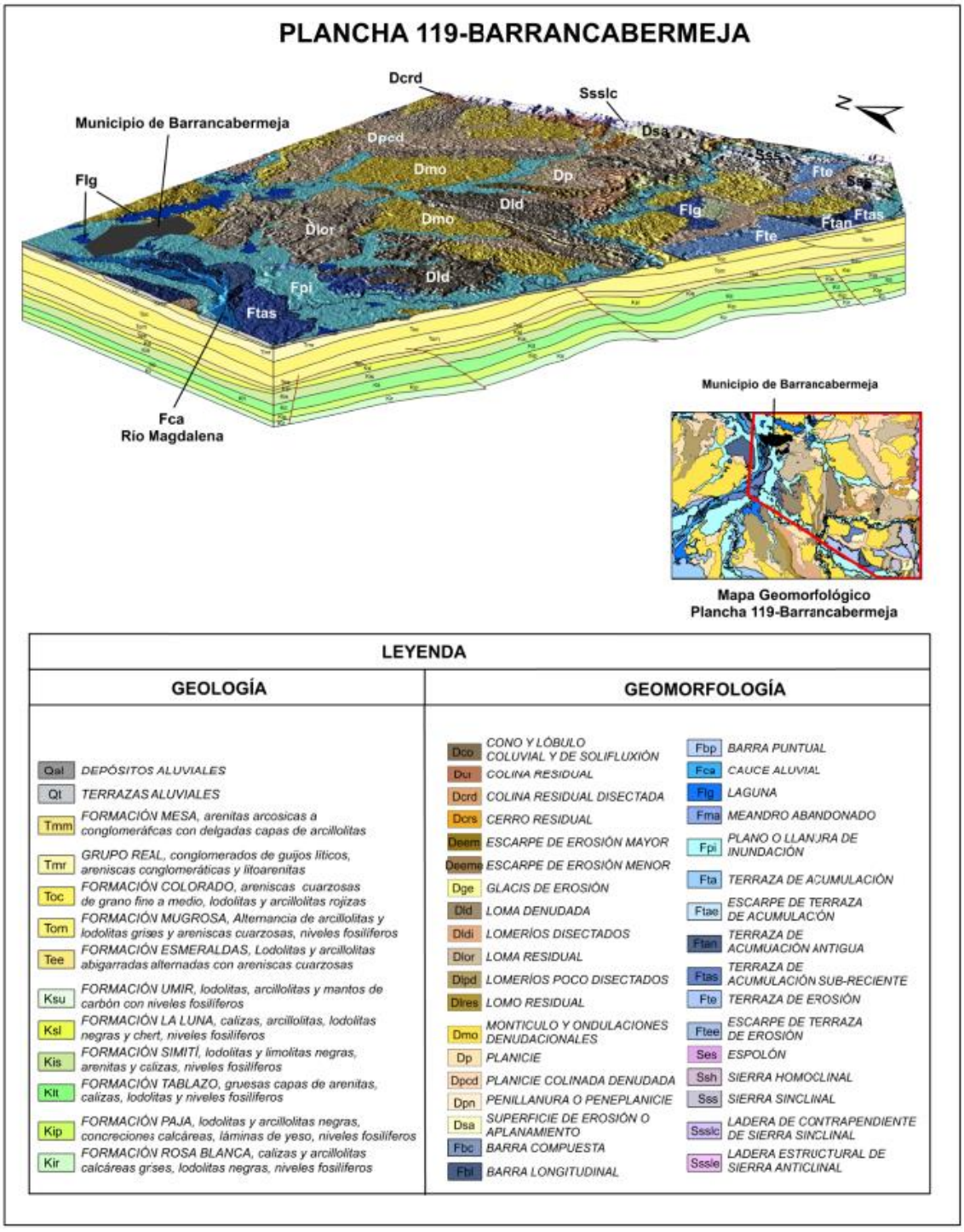


Figura 45. Bloque diagrama del sector oriental de la Plancha 119-Barrancabermeja en donde se observan las principales unidades geomorfológicas y su relación con la geología.

CONCLUSIONES

Este trabajo presenta el resultado de la observación e interpretación de las características del relieve, que permitieron la definición de las unidades geomorfológicas propuestas en el mapa geomorfológico de la Plancha 119 - Barrancabermeja VMM, a partir la estandarización de unidades geomorfológicas para escala 1:100.000 del Glosario de unidades geomorfológicas (SGC, 2012).

El área que cubre la Plancha 119 - Barrancabermeja presenta tres dominios morfogenéticos: estructural, denudativo y fluvial, cada uno de los cuales se encuentran relacionados intrínsecamente con procesos endógenos y exógenos que tienen lugar en esta región. El ambiente denudativo se presenta en la mayor parte de la plancha, alcanzando el 64,87% del área de estudio y se encuentra distribuido por toda la plancha. El ambiente morfoestructural representa el 2,73% y tiene su principal expresión en el límite oriental de la plancha, principalmente en el bloque colgante de la Falla de La Salina, en las estribaciones de la Cordillera Oriental. Por su parte el ambiente fluvial (32,39%) se encuentra localizado en su mayor parte en la región occidental, asociado al río Magdalena, sus principales afluentes y cuerpos lóticos. Todos los ambientes morfogénicos presentan un relieve bajo.

En el área de estudio se encuentra múltiples estructuras geológicas, principalmente fallas inversas, pliegues sinclinales y anticlinales que hoy en día no preservan sus características geomorfológicas distintivas ya que las condiciones ambientales han provocado fuertes, intensos y generalizados procesos erosivos, que han aminorado en gran medida el relieve estructural, quedando subordinado a un ambiente denudativo y/o fluvial.

La meteorización y le erosión han afectado de manera y grado similar a las unidades geológicas cenozoicas presentes, dando como resultado un relieve relativamente homogéneo, caracterizado por ser bajo. En la zona se presentan múltiples movimientos en masa tanto de tipo rotacional como traslacional y algunos flujos, en su mayoría, estos movimientos presentan dimensiones muy pequeñas para ser cartografiados o incluso inventariados por las características “regionales” del estudio. Los mayores movimientos reportados corresponden a reptaciones de suelo, que se presentan en zonas de pastizales, generalmente para uso en ganadería, por este motivo la erosión en terracetas de pastoreo se encuentra ampliamente presente en el sector de estudio.

A *priori,* se puede inferir basado en la cartografía geomorfológica y las observaciones en campo que la zona presenta características estructurales, litológicas, edafológicas y ambientales que son propicias para la generación de movimientos en masa pero, las características geomorfológicas presentes desempeñan un rol “mitigante” o “restrictiva” en cuanto a la magnitud de los eventos, limitándola a eventos de corta extensión; siendo muy poco frecuentes los movimientos con dimensiones mayores a 40x40m.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCALDÍA DE BARRANCABERMEJA. (2012) Páginas - Inicio. Recuperado el 8 de Agosto del 2013, de https://www.barrancabermeja.gov.co/Paginas/inicio.aspx

ALCALDÍA DE YONDÓ. (2014) Sitio web del Municipio Yondó en Antioquia. Recuperado el 8 de Agosto del 2013, de http://www.yondo-antioquia.gov.co/index.shtml#3

ALCALDÍA DE SIMACOTA. (2012) Sitio web del Municipio SIMACOTA en SANTANDER. Recuperado el 8 de Agosto del 2013, de http://www.yondo-antioquia.gov.co/index.shtml#3

ALCALDÍA DE SAN VICENTE DE CHUCURÍ. (2012) Sitio web del Municipio San Vicente de Chucurí en Santander. Recuperado el 8 de Agosto del 2013, de http://www.sanvicentedechucuri-santander.gov.co/index.shtml#2

ARIAS, A. C. 2007 Factores que inciden en la formación del suelo. Universidad Estatal a Distancia, Suelos tropicales, Vol. 2, página 31-37. Costa Rica.

CABALLERO, V. PARRA, M. MORA, A. R. 2010. Levantamiento de la cordillera Oriental del Colombia durante el Eoceno tardío-Oligoceno temprano: Proveniencia sedimentaria en el Sinclinal de Nuevo Mundo, cuenca Valle Medio del Magdalena. Boletín de Geología. Vol. 32(1), páginas 45-77.

CARVAJAL, J. 2002. Caracterización de la metodología geomorfológica adaptada por INGEOMINAS. Documento interno INGEOMINAS sometido a discusión y modificaciones. 13p. Bogotá. Colombia.

CARVAJAL, J. 2011. Propuesta de estandarización de la cartografía geomorfológica en Colombia. Informe Servicio Geológico 71 p. Bogotá.

CORTÉS, M., COLETTA, B. y ANGELIER, J. 2006. Structure and tectonics of the central segment of the Eastern Cordillera of Colombia. En: South American Earth Sciences, pp. 437-465.

DANE. 2005. Censo general 2005. Nivel Nacional. Departamento Administrativo Nacional de Estadística. Bogotá-Colombia. ISBN: 978-958-624-072-7

FLÓREZ, A. 2003. Colombia: evolución de sus relieves y modelados. Universidad Nacional de Colombia. Unibiblos. 240p.

GÓMEZ, L., PATIÑO, A., RENZONI, A., BELTRÁN, A., QUINTERO, C., MANRIQUE, M. 2008. Cartografía geológica y muestreo geoquímico escala 1:100.000 de la plancha 119 – Barrancabermeja VMM. Bogotá.

IGAC. 2003. Estudio General de Suelos y Zonificación de Tierras del departamento de Santander, Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Bogotá DC.

IGAC. 2007. Estudio General de Suelos y Zonificación de Tierras del departamento de Antioquia, Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Bogotá DC. ISBN: 958832307. p. 733-1071.

IDEAM. 2010. Sistemas Morfogénicos del Territorio Colombiano. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Bogotá, D.C., 252p., 2 anexos, 26 planchas en DVD.

MUNICIPIO DE YONDÓ. (2005) Plan de gestión integral de residuos sólidos (PGIRS) 2005-2020. Recuperado 8 de Agosto del 2013, de http://nuevoportal.corantioquia.gov.co/Tematicas/Planes%20de%20Gestion%20Integral%20de%20Residuos%20Slidos/PGIRS%20yondo.pdf.

SGC. 2012 Propuesta metodológica sistemática para la generación de mapas geomorfológicos analíticos aplicados a la zonificación de amenaza por movimientos en masa Escala 1:100.000. Anexo A. Subdirección de Amenazas Geológicas y Entorno Ambiental, 90p. Servicio Geológico Colombiano, Bogotá.

SGC. 2013. Documento Metodológico de la Zonificación de Susceptibilidad y Amenaza Relativa Por Movimientos En Masa Escala 1:100.000. Versión 2. Servicio Geológico Colombiano, Bogotá.

MONTES, N., SANDOVAL, A. 2001. Base de datos de fallas activas de Colombia, recopilación bibliográfica. INGEOMINAS. Bogotá-Colombia.

UIS. 2013. Tabla de Recolección de Datos de Morfometría para Cartografía Geomorfológica. Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga.

VARGAS, G., RODRÍGUEZ, C. 2009. Metodología para la prospección de Níquel utilizando técnicas de sensores remotos. Boletín de Ciencias de la Tierra, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. Colombia.

VERSTAPPEN, H.T., Van ZUIDAM, R.A. 1992. El sistema I.T.C. para levantamientos geomorfológicos. Publicación I.T.C. No 10. Villanueva de Huelva. Holanda.

WARD, D., GOLDSMITH, R., CRUZ, J., RESTREPO, H. 1973. Geología de los Cuadrángulos H12 Bucaramanga y H13 Pamplona, Departamento de Santander. INGEOMINAS, Boletín Geológico, Vol. XXI (1-3). Bogotá. Colombia.