

**CONTRIBUCIÓN A LOS ESTUDIOS DE GEOMORFOLOGÍA PARA LA
ZONIFICACIÓN DE AMENAZA RELATIVA POR MOVIMIENTOS EN MASA A
ESCALA 1:100.000 EN LA SIERRA NEVADA DEL COCUI (PLANCHAS 137 Y
153.)**

JESUS LEONARDO RINCON JAIMES



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-QUÍMICAS
ESCUELA DE GEOLOGÍA
BUCARAMANGA
2014**

**CONTRIBUCIÓN A LOS ESTUDIOS DE GEOMORFOLOGÍA PARA LA
ZONIFICACIÓN DE AMENAZA RELATIVA POR MOVIMIENTOS EN MASA A
ESCALA 1:100.000 EN LA SIERRA NEVADA DEL COCUY (PLANCHAS 137 Y
153.)**

JESUS LEONARDO RINCON JAIMES

Proyecto de grado para optar al título de Geólogo

DIRECTOR:

**JUAN DIEGO COLEGIAL GUTIERREZ
DOCTOR EN GEOLOGIA**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-QUÍMICAS
ESCUELA DE GEOLOGÍA
BUCARAMANGA**

2014

DEDICATORIA

Hoy, al terminar esta importante etapa de mi vida, volteó la mirada y veo atrás tantos momentos buenos que he vivido, cantidad de experiencias adquiridas, así como momentos de dificultad que día a día me hicieron más fuerte. Todo esto ha sido posible gracias a todos los aquí mencionados, personas, que, sin ellos, hubiera sido imposible continuar en este largo caminar llamado VIDA.

Quiero, en primera instancia, dedicar este triunfo a Dios, al padre TODOPODEROSO por darme vida, salud y sabiduría, por hacer realidad este gran sueño, por estar presente en cada etapa de mi vida y ser Él la razón de mi existencia.

También quiero hacer mención especial a mi familia, a mi madre, Gloria Nancy Jaimes González por ser un gran ejemplo para mi vida y un excelente guía en mi camino, a mi padre, Wilson Rincón Álvarez, por su apoyo incondicional y su constante perseverancia y a María Nubia Carvajal Celis, mi segunda madre, por su gran amor desmedido y su calidad humana. Gracias a ellos hoy soy la persona que soy. A Laura Isabel, por ser más que mi hermana, ser mi amiga y mi confidente. Esto es gracias a ustedes y para ustedes.

El presente trabajo también está dedicado al resto de mi familia: Abuelas, Abuelos, tías, tíos, primas y primos, que, bien sea desde el Cielo o desde aquí mismo contribuyeron de alguna u otra manera con este logro, por medio de sus consejos, su compañía y su comprensión.

A mis amigos y amigas, personas con las que he compartido muchos momentos especiales, aquellos individuos que a lo largo de la vida me han enseñado muchas cosas, personas que no he olvidado y que no olvidare. Gracias a todos ellos por la paciencia y el esmero que tuvieron conmigo. Hoy solo puedo decir tener a unos amigos como ustedes es el mayor regalo que la vida me ha dado.

AGRADECIMIENTOS

Con la mano en el corazón y con lágrimas en mis ojos, quiero agradecer a todos aquellos, que de una u otra manera hicieron este logro posible. A Dios, que por medio de su Espíritu Santo me concedió medio la luz y la sabiduría necesaria para poder llevar este trabajo a feliz término.

A la Universidad Industrial de Santander y a la Escuela de Geología, que fue como mi segundo hogar, por todos los conocimientos suministrados en pro de mi desarrollo académico y personal, a través de todos estos años de enseñanza por medio de la calidad de sus docentes, un grupo de personas profesionales, capaces y dignas de admirar. Un agradecimiento especial a los profesores Jesús Hernando Mendoza y Jairo Clavijo.

A mi director de tesis, el Doctor Juan Diego Colegial Gutiérrez por su guía, dedicación y empeño en la realización del presente trabajo y a mis calificadores, por su esmero a fin de presentar esta pasantía de investigación lo mejor posible.

A todos los compañeros, compañeras, amigos y amigas de la Universidad, por su granito de arena puesto para el desarrollo del presente informe, que a su manera han contribuido en gran medida. De manera especial, quiero agradecer al grupo de trabajo que desde hace un año, tengo el honor de pertenecer a él, en especial a los geólogos Francisco Velandia, Sait Khurama, Jorge Chaparro y Joaquín Valencia, por su ayuda, comprensión y amistad inigualable.

Finalmente muchas gracias al geólogo y amigo Cesar David López, por sus enseñanzas y al señor Javier Vega, por su compañía y apoyo en campo. De manera especial pero muy respetuosa, quiero agradecer a todas las personas que conocí en las jornadas de campo, a la gente trabajadora, educada y servicial de los diferentes municipios y departamentos que fueron recorridos para llevar a cabo este trabajo y a las demás personas que en este momento se me escapan, pero que están implícitamente en este informe.

¡Muchas gracias a todos!

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	25
1. GENERALIDADES DEL PROYECTO	27
1.1. OBJETIVOS	27
1.1.1. Objetivos General	27
1.1.2. Objetivos Específicos	27
1.2. LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	28
1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	30
1.4. JUSTIFICACIÓN	31
1.5. METODOLOGIA	32
1.5.1. Trabajo de oficina.	33
1.5.2. Trabajo de campo.	34
1.5.3. Procesamiento de la información obtenida en campo	36
1.5.4. Elaboración del informe final.	37
2. MARCO TEÓRICO	39
2.1. DEFINICIÓN DE GEOMORFOLOGÍA	39
2.2. ATRIBUTOS DE LA GEOMORFOLOGÍA	43
2.2.1. Morfometría.	43
2.2.2. Morfogénesis.	47
2.2.2.1. Ambientes morfogenéticos.	47
2.2.2.2. Procesos geodinámicos.	49
2.2.3. Morfodinámica.	53
2.3. INSUMOS	57
2.3.1. Insumos básicos.	57



2.3.1.1. Modelo digital de elevación (DEM):	57
2.3.1.2. Mapa de sombras.	58
2.3.1.3. Mapa de pendientes.	58
2.3.1.4. Planchas cartográficas básicas escala 1:100.000.	59
2.3.1.5. Sensores remotos.	59
2.3.1.6. Fotografías aéreas	60
2.3.1.7. Insumos temáticos.	60
2.3.1.8. Mapa geológico escala 1:100.000.	60
2.3.1.9. Mapa de fallas geológicas escala 1:100.000.	61
2.3.2. Formatos de captura de datos en campo	61
2.3.2.1. Formato modificado para inventario de movimientos en masa	62
2.3.2.2. Formato modificado para catálogo de movimientos en masa.	63
2.3.2.3. Tabla de recolección de datos de morfometría para cartografía geomorfológica	64
3. GENERALIDADES DEL ÁREA DE ESTUDIO	69
3.1. MEDIO FISICO	69
3.1.1. Hidrografía	70
3.1.2. Vías de acceso.	70
3.1.3. Población	71
3.2. CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS GENERALES	72
3.2.1. Estratigrafía.	72
3.2.1.1. Cretáceo inferior.	72
3.2.1.2. Cretáceo superior.	74
3.2.1.3. Paleógeno	76
3.2.1.4. Depósitos cuaternarios	78
3.2.2. Geología Estructural.	79
3.3. CARACTERÍSTICAS CLIMATOLÓGICAS GENERALES DE LA ZONA DE ESTUDIO	83
4. ANTECEDENTES	85



4.1 SISTEMA DE INFORMACIÓN DE MOVIMIENTOS EN MASA (SIMMA)	86
4.2 CORPORACIONES AUTÓNOMAS REGIONALES	91
4.3 PLANES Y ESQUEMAS DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL	93
5. RESULTADOS	94
5.1 MORFODINAMICA	94
5.1.1 Plancha 137, El Cocuy	95
5.1.2 Plancha 153, Chita	117
5.2 MORFOGENESIS	144
5.2.1 Plancha 137, El Cocuy	145
5.2.2 Plancha 153, Chita	177
6. CONCLUSIONES	211
7. RECOMENDACIONES	214
BIBLIOGRAFIA	215
ANEXOS	218

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Localización de la plancha 137, El Cocuy	29
Figura 2. Localización de la plancha 153, Chita	29
Figura 3. Metodología empleada para la elaboración del presente informe.	32
Figura 4. Esquema de jerarquización geomorfológica propuesto por Carvajal (2008)	42
Figura 5. Principales patrones de drenajes.	47
Figura 6. Relación entre los procesos geodinámicos y los ambientes morfogenéticos.	52
Figura 7. Tipos, subtipos y esquemas de los diferentes movimientos en masa.	55
Figura 8. Formato modificado para inventario de movimientos en masa. Vs 2012. Sección anterior	65
Figura 9. Formato modificado para inventario de movimientos en masa. Vs 2012. Sección posterior.	66
Figura 10. Formato modificado para catálogo de movimiento en masa.	67
Figura 11. Tabla de Recolección de Datos de Morfometría para Cartografía Geomorfológica.	68
Figura 12. Registros de eventos de movimientos en masa por décadas, de acuerdo al SIMMA, correspondiente a la plancha 137, El Cocuy.	89
Figura 13. Registros de eventos de movimientos en masa por décadas, de acuerdo al SIMMA, correspondiente a la plancha 153, Chita.	90
Figura 14. Movimiento en masa correspondiente a un deslizamiento traslacional planar y a una caída de rocas a orillas de la quebrada Agua y Pan; cauce que podría ser represado, debido al material desplazado por este movimiento. Vereda El centro, municipio de San Mateo.	99
Figura 15. Caída de roca junto a un deslizamiento de tipo traslacional planar; procesos que dejaron expuesta la pared de roca, la cual es utilizada como una	

cantera, para la extracción de arenas. Vereda El Alisal, municipio de Guacamayas.	101
Figura 16. Se observa el daño parcial generado sobre la vía que comunica el casco municipal de Guacamayas con el municipio de San Mateo debido al material desplazado por un deslizamiento traslacional planar. Vereda Uragón, municipio de Guacamayas.	101
Figura 17. Movimiento en masa correspondiente a un deslizamiento traslacional planar junto a una caída de roca y de detritos; procesos que generan riesgo sobre el medio circundante, sobre la vía por la posibilidad de obstruirla y sobre la vivienda por la posibilidad de destruirla. Vereda La Palma, municipio de Guacamayas.	102
Figura 18. Deslizamiento traslacional planar, en donde se observa que el material desplazado genera daños sobre las viviendas, afecta el sector agrícola y la zona ganadera del área. Vereda Llano Largo, municipio de El Espino.	104
Figura 19. Deslizamiento traslacional planar a orillas del Río Nevado, cauce que podría a futuro, ser represado, debido al material desplazado por este proceso. Vereda Carrasposal, municipio de Panqueba.	105
Figura 20. Deslizamiento traslacional planar de grandes dimensiones, que ha obstruido totalmente la vía y afecta gravemente no solo a la vivienda de tipo rural, también a las actividades ganaderas y agrícolas del sector. Vereda La Ovejera, municipio de Panqueba.	106
Figura 21. a) Imagen general de un deslizamiento traslacional en cuña de grandes dimensiones. b) Foto donde se observa que el material constituyente (detritos), de la formación Chipaque o Capacho puede llegar, a futuro, a represar el cauce del río Casiano. Sitio Golondrinas, municipio de Chiscas.	108
Figura 22. Deslizamiento traslacional planar, cuyo material constituyente (detritos, en su mayoría), puede llegar, a represar el cauce de la quebrada Llano Grande. Sitio Llano Grande, municipio de El Cocuy.	110
Figura 23. Tipos y subtipo de movimientos en masa en la región de estudio.	111

Figura 24. Estado del movimiento	111
Figura 25. Estilo del movimiento	112
Figura 26. Diagrama representativo de la distribución de los movimientos en masa.	112
Figura 27. Gráfica de cobertura del suelo.	113
Figura 28. Gráfica del uso del suelo	113
Figura 29. Gráfica de los materiales constituyente de los movimientos en masa.	114
Figura 30. Gráfica que expone las causas de los movimientos en masa del sector.	115
Figura 31. Unidad geológica superficial presente en los movimientos en masa en la región de estudio.	116
Figura 32. Tipo de erosión presente en los movimientos en masa observados.	116
Figura 33. Intensidad de erosión presente en los movimientos en masa observados.	117
Figura 34. Movimiento en masa correspondiente a un deslizamiento traslacional junto a flujos de detritos y tierra, a orillas de la quebrada San Pascual, drenaje que puede ser represado debido al material desplazado por este proceso. Vereda Macueque, municipio de Sácama.	121
Figura 35. Deslizamiento traslacional planar localizado sobre la Formación Lutitas de Macanal, a) Recorrido del material (detritos y rocas) involucrado en el movimiento. b) Imagen donde se aprecia que este material afecta un carril de la vía y podría generar, a futuro, la obstrucción de la misma. Vereda Guivarin, municipio de Sácama.	123
Figura 36. Se observa el deslizamiento traslacional planar, a orillas del río Casanare, representando una amenaza de tipo ambiental por la posibilidad de represar este importante curso de agua, debido al material desplazado por este proceso. Vereda Los Papayos, municipio de La Salina.	124
Figura 37. Ejemplos de movimientos en masa sobre los márgenes de algunos drenajes en la vereda El Mortiñal, municipio de Chita a) Deslizamiento	

- traslacional planar en los márgenes del río Loblanco, afectando algunas viviendas, de tipo rural del sector. b) Movimiento en masa sobre los márgenes de la Quebrada El Verde, en un área utilizada para el desarrollo de la ganadería y la agricultura. 126
- Figura 38. Deslizamiento de tipo traslacional planar, donde se observa el daño generado sobre la vía debido al movimiento del material, el cual se encuentra fisurado y agrietado debido a la situación tectónica que se presentan en la zona. Vereda Rubacha, Municipio de Chita. 127
- Figura 39. Deslizamiento traslacional planar de grandes dimensiones localizado en la Vereda Chipa Centro, municipio de Chita a) Imagen donde se aprecia, en primer plano, áreas de cultivos arrasadas por el movimiento y al fondo, zonas habitadas las cuales se encuentran afectadas. b) Grandes grietas y fisuras presentes en el área. 129
- Figura 40. Daño generado sobre la malla vial del sector. Nótese el tramo antiguo de la carretera, destruido totalmente por el deslizamiento. Se observa el riesgo generado sobre el nuevo tramo, en el cual ya se presentan hundimiento y resaltos. Vereda Chipa Centro, municipio de Chita. 130
- Figura 41. a) Deslizamiento traslacional planar compuesto por detritos y roca, en márgenes de la quebrada Hoya de la Horca. b) Imagen donde se observa que, debido a la cantidad de material desplazado por el movimiento, este puede llegar a represar dicha quebrada. Vereda El Carrizal, municipio de El Cocuy. 131
- Figura 42. a) Panorámica del movimiento donde se aprecia el trayecto que el material desplazado ha recorrido. b). Parte superior del deslizamiento donde se observa el flujo de rocas. c. Daño generado por el flujo de rocas a la vía que comunica al centro poblado de Cheva con el casco urbano de Jericó. Vereda Cheva, municipio de Jericó. 134
- Figura 43. Deslizamiento traslacional junto a ciada de roca; procesos que dejaron el talud expuesto y en donde se desarrolla la actividad económica de la minería. Vereda San Ignacio. Municipio de La Uvita. 135

Figura 44. Tipo y subtipo de movimientos en masa.	136
Figura 45. Estado del movimiento	137
Figura 46. Estilo del movimiento.	137
Figura 47. Diagrama representativo de la distribución del movimiento en masa.	138
Figura 48. Representación porcentual de la cobertura del suelo.	139
Figura 49. Uso del suelo.	139
Figura 50. Material constituyente en el área de estudio.	140
Figura 51. Causas de ocurrencia de movimientos en masa.	141
Figura 52. Unidad geologica superficial presnete en el área de estudio.	142
Figura 53. Tipo de erosión.	142
Figura 54. Intensidad de erosión.	143
Figura 55. Escarpe de erosión mayor (Deem) con presencia de movimientos en masa como caídas y flujos de material, con desarrollo de surcos, cárcavas y erosión de tipo laminar de intensidades severas. Vereda La Bricha. Municipio de Macaravita.	149
Figura 56. Ejemplos de la unidad deslizamiento indiferenciado (Ddi). a) Deslizamiento traslacional en cuña a orillas del rio Chiscano. Vereda Golondrinas. Municipio de Chiscas. b) Deslizamiento traslacional planar que afecta a la ganadería, la agricultura y las viviendas del sector. Vereda La Ovejera. Municipio de Panqueba.	150
Figura 57. Casco urbano de Guicán ubicado sobre la unidad cono y lóbulo coluvial de solifluxión (Dco), delimitado por los ríos El mosco y el río Cóncavo.	151
Figura 58. a) Terrazas de acumulación sobre los márgenes del río Chiscano en el municipio de Chiscas. b) Terraza de acumulación sobre la cual se construyó el casco urbano de Chiscas. c) Usos de ganadería y agricultura sobre esta geoforma. d) Esta unidad también fue utilizada para ubicar el cementerio de dicho municipio.	154
Figura 59. Terraza de acumulación a orillas del río Nevado, donde se presentan intensos procesos erosivos sobre su escarpe, con desarrollo de	

- surcos, y cárcavas, de intensidades moderada a intensa Vereda La Bricha.
Municipio de Macaravita. 155
- Figura 60. Cono de deyección (Fcdy), el cual fue aprovechado para la construcción del casco urbano del municipio de El Espino. Imagen tomada desde la vereda la Laguna en el municipio de Guacamayas. 156
- Figura 61. Cono de deyección (Fcdy), donde se localiza el casco urbano del municipio de Panqueba. Nótese el control fluvial ejercido por los diferentes drenajes de la zona. Foto tomada desde la vereda Chivechi en el municipio de Guacamayas. 157
- Figura 62. Facetas triangulares (Sft) y espolones faceteados (Sefc) ubicados sobre las laderas orientales al trazo de la falla de Sácama, en el margen suroriental de la plancha 137, en el municipio de Tame, departamento de Arauca. 159
- Figura 63. Se observa una ladera de contrapendiente de sierra sinclinal (Ssslc), sobre la cual se ubica el casco urbano de El Cocuy, identificándose numerosos procesos de movimientos en masa, uno de ellos a escala cartografiable (Ddi). Fotografía tomada desde la vereda Chivechi del municipio de Guacamayas. 161
- Figura 64. Ladera contrapendiente (Slcp) donde se aprecia la erosión de tipo laminar de intensidad moderada a severa. Vereda El Tabor. Municipio de Guicán. 163
- Figura 65. Imagen donde se observa una ladera estructural de sierra anticlinal (Ssale), con presencia de movimientos en masa pero de pequeñas extensiones. Imagen tomada desde la vereda la Laguna en el municipio de Guacamayas. 165
- Figura 66. Imagen donde se aprecia la geoforma ladera de contrapendiente de cuesta estructural glaciada (Gclc), sin presencia de movimientos en masa pero afectada por procesos de gelifracción de intensidades bajas, desarrollando erosión de tipo laminar. 168

- Figura 67. Se aprecia la geoforma flancos de valle glacial (Gflv) delimitando la extensión de dicho valle, la cual se encuentra afectada por procesos de gelifracción de intensidades moderadas. Sector Las Cañas, municipio de Chiscas. 171
- Figura 68. Ladera en contrapendiente de sierra homoclinal glaciada (Gshlc) en donde se aprecian procesos erosivos (de tipo laminar y glaciario, de intensidades moderadas a severas). Vereda El Tobar. Municipio de Guicán. 173
- Figura 69. Imagen glaciario de la Sierra Nevada del Cocuy, localizada en el municipio homónimo, donde se observan las agujas glaciares (Horn) ubicadas en la intersección de las paredes de los circos glaciares (Gc), en cuya base o piso en donde se forman lagunas glaciares (Glg). También es posible apreciar otra geoforma, masa glaciario (Gg). 176
- Figura 70. Ejemplos de la unidad deslizamiento indiferenciado (Ddi). a) En los márgenes del río Loblanco, representado una gran amenaza por la posibilidad de represar este cauce. Vereda El Mortiñal, municipio de Chita. b) Deslizamiento que afecta áreas de cultivos y zonas habitadas. Vereda Chipa centro, municipio de Chita. 180
- Figura 71. Imagen donde se aprecia el cauce aluvial (Fca) correspondiente al río Casanare a su paso por la vereda Sabanalarga del municipio de Sácama. 183
- Figura 72. a) Extensa terraza de acumulación (Fta), donde se ubica el casco urbano del municipio de Sácama. b) Imagen donde se aprecia sus diferentes usos (ganadería, agricultura y corredores viales). c) Algunos procesos de movimientos en masa sobre los escarpes de estas terrazas. Foto tomada desde la Vereda Sabanalarga, municipio de Sácama. 185
- Figura 73. Escarpes de línea de falla, asociado a la falla de Chiscas, cuyo trazo aproximado va en dirección N-S. Sector Loma Los Colorados, municipio de Jericó. 186
- Figura 74. Imagen donde se aprecia facetas triangulares y espolones faceteados. Estas dos geoformas son generalmente observables en zonas de

fallamiento intenso (en este caso están relacionadas a la falla de Sácama).

Vereda Sabanalarga, municipio de Sácama 188

Figura 75. Ladera estructural sobre la cual se ubica el casco urbano del municipio de Chita en márgenes del río Loblanco. Se observan sobre estas laderas intensos procesos erosivos y de movimientos en masa. Cabecera municipal del municipio de Chita. 190

Figura 76. Ladera en contrapendiente de espinazo y ladera estructural de espinazo a orillas del río Casanare donde se observa algunos movimientos en masa y procesos erosivos de intensidades moderadas a severas. Vereda Los Curos, municipio de La Salina. 193

Figura 77. Ladera estructural de espinazo ubicada a orillas del río Casanare, donde se puede apreciar algunos procesos de movimientos en masa (deslizamientos traslacionales de tipo planar, caídas y flujos de material detrítico). Vereda Los Curos, municipio de La Salina. 193

Figura 78. Sierra anticlinal (Ssan) y la ladera estructural de sierra anticlinal (Ssale), en donde es posible apreciar pequeños movimiento en masa y procesos de socavación. Vereda Sabanalarga, municipio de Sácama. 195

Figura 79. Sierras y lomos de presión, relacionados a lineamientos que se encuentran de forma semiparalela al trazo de la falla de Chiscas (sentido norte-sur). Vereda El Tobal, municipio de Chita. 196

Figura 80. Se observa una morrena de ablación (Gma), asociada a planicies glaciolacustrinas (Gppl) y permitiendo la formación de lagos o lagunas glaciares (Glg) en su parte trasera. Vereda El Cuco, municipio de Chita. 199

Figura 81. Morrena de ablación (Gma) y ladera estructural de cuesta glaciada (Gcle), limitando y encerrando la extensión del plano glaciolacustrino (Gppl), asociado, este último a zonas pantanosas o lagunares. Vereda El Cuco, municipio de Chita. 201

Figura 82. Imagen glaciár de la Sierra Nevada del Cocuy, localizada en el municipio homónimo, donde se observan las agujas glaciares (Horn) ubicadas en la intersección de las paredes de los circos glaciares (Gc), en cuya parte inferior,

- se forman lagunas glaciares (Glg). También es posible apreciar otra geoforma, masa glaciaria (Gg). 204
- Figura 83. Ladera de contrapendiente de cuesta estructural glaciada (Gclc), ubicada en el sector conocido como La Chorrera, en el municipio de Jericó. 206
- Figura 84. Cono glaciofluvial sobre el cual se ubica el casco urbano del municipio de La Uvita, presentando procesos erosivos y de reptación de suelos, además de la socavación ejercida por parte de los drenajes presentes en la zona. 207
- Figura 85. Ladera estructural de espinazo glaciado (Gegle) donde se observan procesos de erosión glacial (gelifracción) de intensidades moderadas. Vereda Canoas, municipio de Chita. 208
- Figura 86. Flancos de valle glacial (Gflv) y morrenas frontales (Gmt), ubicadas de manera perpendicular delimitando la extensión y dirección del valle glacial. Sector Rubacha, municipio de Chita. 210

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Clasificación por rangos de intervalos de altura de contraste de relieve o relieve relativo.	44
Tabla 2. Clasificación por rangos de intervalos de grados de inclinación de la ladera.	45
Tabla 3. Clasificación por rangos de intervalos de longitud de la ladera.	45
Tabla 4. Clasificación de rangos de forma de la ladera.	46
Tabla 5. Colores establecidos para los polígonos de las unidades geomorfológicas.	50
Tabla 6. Eventos de movimientos en masa reportados para la plancha 137, El Cocuy, por el Sistema de Información de Movimientos en masa (SIMMA).	87
Tabla 7. Eventos de movimientos en masa reportados para la plancha 153, Chita, por el Sistema de Información de Movimientos en masa (SIMMA).	88
Tabla 8. Porcentaje de ocurrencia de eventos de movimientos en masa por décadas, registrados por el SIMMA, para la plancha 137, El Cocuy.	89
Tabla 9. Porcentaje de ocurrencia de eventos de movimientos en masa por décadas, registrados por el SIMMA, para la plancha 153, Chita.	90
Tabla 10. Movimientos en masa registrados como información de tipo catálogo para la plancha 137, El Cocuy.	95
Tabla 11. Movimientos en masa registrados como información de tipo inventario para la plancha 137, El Cocuy.	96
Tabla 12. Localización por coordenadas geográficas y en coordenadas planas de los movimientos en masa registrados como información de tipo inventario correspondiente a la plancha 137, El Cocuy.	97
Tabla 13. Movimientos en masa registrados como información de tipo inventario para la plancha 153, Chita.	118



Tabla 14. Localización por coordenadas geográficas y coordenadas planas de los movimientos en masa registrados como información de tipo inventario correspondiente a la plancha 153, Chita.	119
Tabla 15. Movimientos en masa registrados como información de tipo catalogo para la plancha 153, Chita.	120
Tabla 16. Cuadro de unidades geomorfológicas presentes en la plancha 137, El Cocuy con sus respectivos ambientes morfogenéticos.	147
Tabla 17. Cuadro de unidades geomorfológicas presentes en la plancha 153, Chita, con sus respectivos ambientes morfogenéticos.	178

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO A: MAPA GEOLÓGICO DE LA PLANCHA 137, EL COCUY ESCALA 1:100000	219
ANEXO B: MAPA GEOLÓGICO DE LA PLANCHA 153, CHITA ESCALA 1:100000	221
ANEXO C: MAPA DE RECORRIDOS Y ESTACIONES DE CAMPO (ATRIBUTO MORFODINÁMICO) PLANCHA 137, EL COCUY	223
ANEXO D: MAPA DE RECORRIDOS Y ESTACIONES DE CAMPO (ATRIBUTO MORODINÁMICO) PLANCHA 153, CHITA	225
ANEXO E: MAPA DE RECORRIDOS Y ESTACIONES DE CAMPO (ATRIBUTO MORFOGENÉTICO) PLANCHA 137, EL COCUY	227
ANEXO F: MAPA DE RECORRIDOS Y ESTACIONES DE CAMPO (ATRIBUTO MORFOGENÉTICO) PLANCHA 153, CHITA	229
ANEXO G: MAPA DE UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS PLANCHA 137, EL COCUY	231
ANEXO H: MAPA DE UNIDADES GOEMORFOLÓGICAS PLANCHA 153 CHITA	233



RESUMEN

TITULO: CONTRIBUCIÓN A LOS ESTUDIOS DE GEOMORFOLOGÍA PARA LA ZONIFICACIÓN DE AMENAZA RELATIVA POR MOVIMIENTOS EN MASA A ESCALA 1:100.000 EN LA SIERRA NEVADA DEL COCUY (PLANCHAS 137 Y 153).*

AUTOR: Jesús Leonardo Rincón Jaimes**

PALABRAS CLAVES: Geomorfología, Morfogénesis, Morfodinámica, Erosión, Movimientos en masa.

DESCRIPCION:

La caracterización geomorfológica permite describir y reconocer las diferentes expresiones o formas integradoras del paisaje que identifican una determinada región, proporcionando información acerca de su génesis, los cambios a través del tiempo y los procesos naturales que hoy día moldean dichas expresiones.

El presente informe corresponde al proyecto de grado para optar al título de Geólogo, en la modalidad pasantía de investigación, cuyo propósito es describir y caracterizar la variable geomorfología, expresada en términos de sus atributos, la morfogénesis y la morfodinámica, basado en el documento: "Propuesta Metodológica Sistemática para la generación de mapas geomorfológicos analíticos aplicados a la zonificación de amenaza por movimientos en masa escala 1:100.000" del Servicio Geológico Colombiano (SGC), en la zona comprendida por las planchas 137, El Cocuy y 153, Chita, localizadas sobre la Cordillera Oriental Colombiana, en el sector de la Sierra Nevada del Cocuy, abarcando un área total de 3.600 kilómetros cuadrados, distribuidos en 17 municipios en jurisdicción de cuatro departamentos.

El área de interés se encuentra enmarcada dentro del borde oriental del Macizo de Santander y la Cuenca del Cocuy, caracterizada por poseer un relieve abrupto y una topografía muy montañosa, reflejando así, la interacción entre las fuerzas que deformaron y levantaron la serie sedimentaria de la Cordillera Oriental, en donde se identificaron cuatro ambientes asociados a su origen, glacial (60,71%), morfoestructural (33,39%), fluvial (3,13%), y dunudacional (2,77%). Estas unidades son modificadas en diferentes grados de intensidad por parte de los fenómenos morfodinámicos, expresados en términos de erosión (principalmente glacial y fluvio-glacial) y de los movimientos en masa presentes en el sector.

Los resultados aquí obtenidos serán de vital importancia en la zonificación de amenaza relativa por movimientos en masa a escala 1:100000 y servirán como punto de partida para posteriores estudios a mayor escala de trabajo en el área de interés.

* Pasantía de investigación

** Facultad de Ingenierías Físicoquímicas. Escuela de Geología. Director: Juan Diego Colegial Gutierrez.



ABSTRACT

TITLE: CONTRIBUTION TO THE STUDY OF GEOMORPHOLOGY THREAT TO THE ZONING BY MASS MOVEMENT SCALE 1:100,000 IN THE SIERRA NEVADA DEL COCUY (PLATES 137 AN 153)^{*}

AUTHOR: Jesús Leonardo Rincón Jaimes ^{**}

KEYWORDS: Geomorphology, Morphogenesis, Morphodynamics, Mass Movement, Erosion.

DESCRIPTION:

The geomorphological characterization allows us to describe and recognize different expressions or shapes conforming scenery in a determined region, providing information of its genesis, evolution along time and natural processes that mold it today.

The following report is a degree project on purpose of being granted the title of Geologist, in the modality of research internship, which aim is to describe and characterize the geomorphology, expressed in terms of its attributes, morphogenesis and morphodynamics based on the document: "Propuesta Metodológica Sistemática para la generación de mapas geomorfológicos analíticos aplicados a la zonificación de amenaza por movimientos en masa escala 1:100.000" by the Servicio Geológico Colombiano (SGC), within the area bounded by the plates 137, El Cocuy and 153, Chita, located in the eastern Colombian Cordillera, around the Sierra Nevada del Cocuy and covering a total area of 3.600 square kilometers, and distributed in 17 municipalities in the jurisdiction of four departments.

The area of interest is bounded by the eastern edge of the Santander Massif and the Cocuy basin, characterized by its abrupt relief and mountainous topography, reflecting the interaction amongst the forces that deformed and lifted the sedimentary series of the eastern Cordillera, where four associated environments of its origin were identified: glacial (60,71%), morphostructural (33,39%), fluvial (3,13%) and denudational (2,77%). These units are modified in different degree of intensity by the morphodynamic phenomenons, expressed in terms of erosion (mainly glacial and fluvioglacial) and the mass movements in the area.

The results achieved will be of vital importance for the zonification of relative threat by mass movements on a scale 1:100000 and will serve as a starting point for future studies on greater scale of work in the area of interest.

^{*} Graduate Project

^{**} Faculty of Physical and Chemical Engineering. Geology School. Director: Juan Diego Colegial.

INTRODUCCIÓN

Los movimientos en masa son unos de los procesos geológicos más destructivos, que producen hoy día muchas pérdidas económicas, obligan a emigrar comunidades completas, afectan actividades económicas, entornos ambientales y causan la muerte a muchas personas. Estos tipos de fenómenos, por su recurrencia relativamente corta, generan más daños que cualquier otro tipo de desastre natural como por ejemplo los tifones, los huracanes, inundaciones o terremotos (Guzzeti et al, 1999 en PMA – GEMMA 2007)

Los daños generados por los diferentes tipos de procesos de movimientos en masa han crecido rápidamente en las últimas décadas, debido a algunas condiciones como el aumento en la población, el cambio climático, la constante pérdida de cobertura vegetal y la sobreexplotación de la tierra. Estas condiciones aumentan la vulnerabilidad de ciertas zonas.

Como parte de las estrategias en la gestión del riesgo de desastres de origen natural, en cuanto a lo correspondiente a la prevención, se realizan estudios multidisciplinarios mediante el uso de diferentes metodologías y con el propósito de diferenciar y priorizar áreas, desde las más críticas hasta las más estables frente al fenómeno en cuestión.

Debido a esto y por competencias legales conferidas, el Servicio Geológico Colombiano (SGC), tiene la responsabilidad de actuar en la materia, lo cual se ha concretado mediante el proyecto de cartografía nacional de la susceptibilidad y amenaza por movimientos en masa a escala 1:100.000.

Para la generación del mapa de zonificación de amenaza relativa por movimientos en masa es necesario el mapa de susceptibilidad más la aplicación de factores detonantes como son las condiciones climáticas (precipitaciones) y la amenaza sísmica.

Así mismo, para el desarrollo del mapa de susceptibilidad es necesario la integración de algunos insumos, tanto generales (como los sensores remotos, las fotografías aéreas y el modelo digital de elevación, DEM) como temáticos (geología, geomorfología, suelos edáficos y cobertura de la tierra). Dentro de estos insumos, una variable fundamental para dicho fin corresponde a la geomorfología, un insumo temático, cuyo propósito fundamental es generar información sobre las formas del paisaje, los procesos que originaron dichas expresiones y los procesos naturales que moldean estas geoformas en la actualidad.

Este insumo, la geomorfología incluye los atributos morfogenéticos, morfodinámicos y morfométricos, los cuales generan la información básica anteriormente mencionada, que permite el reconocimiento de su génesis, sus procesos y la edad, lo cual facilitará la asociación y el análisis de zonas con características geomorfológicas homogéneas. Toda esta información será plasmada en un mapa de unidades geomorfológicas a escala 1:100.000.

El presente informe, el cual corresponde al proyecto de grado, en la modalidad pasantía de investigación, se basará en la consecución de determinado insumo temático, la geomorfología, y de sus respectivos atributos, morfogénesis y morfodinámica, de acuerdo al documento: “Propuesta Metodológica Sistemática para la generación de mapas geomorfológicos analíticos aplicados a la zonificación de amenaza por movimientos en masa escala 1:100.000” del Servicio Geológico Colombiano (SGC), correspondientes a las planchas 137, El Cocuy y 153, Chita.

1. GENERALIDADES DEL PROYECTO

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivos General

- Generar información alfanumérica de apoyo a los estudios de geomorfología requeridos para la zonificación de la amenaza relativa por movimientos en masa en las planchas 137 y 153 (Escala 1:100.000).

1.1.2. Objetivos Específicos

- Inventariar, clasificar y caracterizar fenómenos de movimientos en masa a partir de los formatos suministrados por el Servicio Geológico Colombiano (S.G.C.) en cada una de las planchas (137 y 153), en la Sierra Nevada del Cocuy, en el departamento de Boyacá.
- Clasificar y registrar información como inventario y catálogo en el Sistema de Información de Movimientos en Masa (SIMMA) en la página del Servicio Geológico Colombiano.
- Cartografiar procesos morfodinámicos y morfogenéticos en la región de estudio, plancha 137, El Cocuy y plancha 153, Chita.

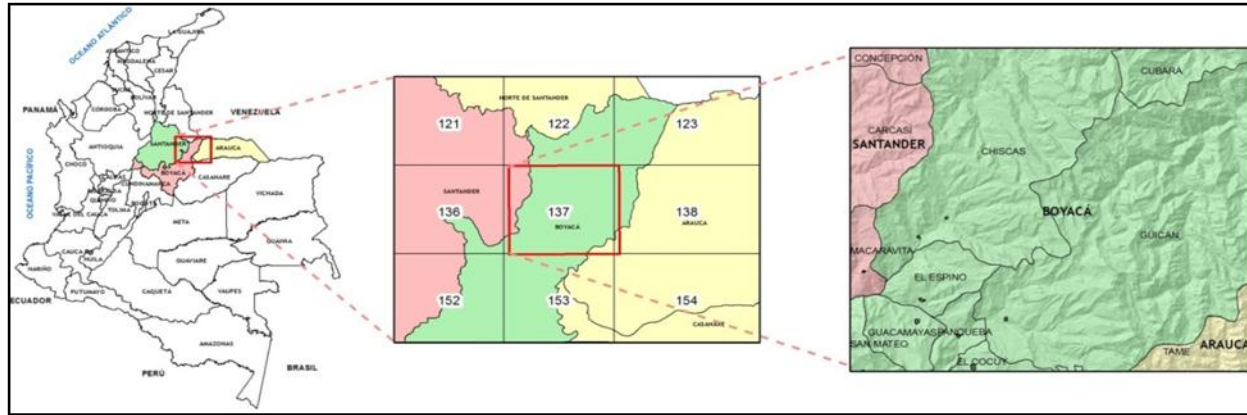
1.2. LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

La zona de interés se encuentra localizada en el nororiente de Colombia, sobre la Cordillera Oriental, en el área de la Sierra Nevada del Cocuy, exactamente en donde esta última, cambia su dirección de NNE a NNW, razón por la cual se constituye en una zona caracterizada por poseer un relieve muy abrupto y una topografía muy montañosa.

La zona está limitada en Datum Magna Sirgas origen en la zona este, de coordenadas planas, desde Y (o norte) 1'160.000 a 1'240.000 y X (o este) desde 835.000 a 880.000, que ubicadas en coordenadas geográficas corresponde desde 06° 02' a 6° 45' latitud Norte y desde 72° 09' a 72° 34' longitud Oeste, abarcando un área total de 3.600 kilómetros cuadrados, distribuidos en 17 municipios, en cuatro departamentos, comprendiendo el municipio de Chiscas, municipio de El Espino, el municipio de Guacamayas, municipio San Mateo, el municipio de Panqueba, municipio de Guicán, municipio de El Cocuy, el municipio de La Uvita, municipio de Chita (todos ellos bajo jurisdicción del departamento de Boyacá), el municipio de La Salina y municipio de Sácama (en el departamento de Casanare), y áreas rurales de los municipios de Tame (departamento de Arauca), Carcasí, Concepción y Macaravita (departamento de Santander), Socotá y Jericó (departamento de Boyacá)

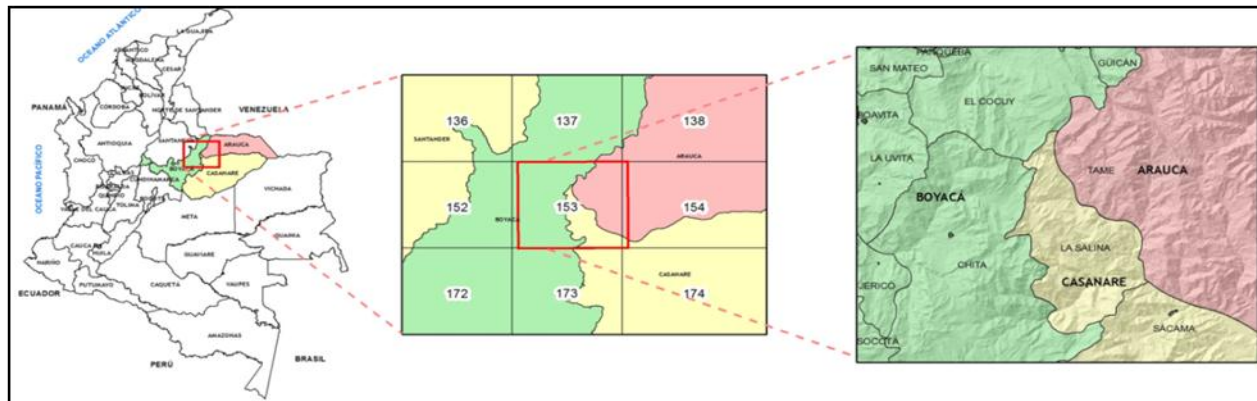
El área de estudio está comprendida en su totalidad por la plancha 137, El Cocuy y la plancha 153, Chita, del Instituto Geográfico Agustín Codazzi, a escala 1:100.000) (Figura 1 y figura 2)

Figura 1. Localización de la plancha 137, El Cocuy



Fuente: Autor

Figura 2. Localización de la plancha 153, Chita



Fuente: Autor

1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los daños generados por procesos de movimientos en masa se pueden evitar, siempre y cuando se cuente con sistemas de alerta temprana y adicionalmente se mantengan planes de mitigación, con el fin de evitar grandes daños al ecosistema circundante y prevenir la pérdida de vidas humanas. Por tal motivo las instituciones de planeación y entidades gubernamentales buscan prevenir, evitar y disminuir al máximo los efectos secundarios y/o daños que estos procesos puedan generar.

La susceptibilidad se refiere a la predisposición del terreno en una determinada área o lugar para presentar movimientos en masa. Esta susceptibilidad posee unos factores, los cuales ayudan a generar su evaluación, dentro de los cuales se incluyen la geología, la geomorfología, los suelos edáficos y la cobertura de la tierra, que junto a mecanismos disparadores, como lluvias, sismos, generan la amenaza, la cual puede ser clasificada como Muy Baja, Baja, Media, Alta y Muy Alta. (SGC, 2013)

Así, los movimientos en masa son el producto de la interacción de factores intrínsecos del terreno predispuestos a una situación de inestabilidad y factores extrínsecos o desencadenantes que son los responsables de la detonación de dichos procesos. Esto, junto a la vulnerabilidad o la exposición socio- económica de un área o lugar determinado (debido a que no solo son los daños en infraestructuras, bienes o servicios, también representan daños psicológicos, pérdida de empleos y de vidas humanas) generan el factor riesgo.

En el área de interés, los estudios sobre procesos de movimientos en masa y estudios geomorfológicos son escasos y algunas veces no hay información sobre los procesos que actuaron en el pasado y que hoy día continúan moldeando las



diferentes formas del paisaje. Debido a esto y teniendo en cuenta la importancia de la zonificación de susceptibilidad y amenaza relativa por movimientos en masa, es necesario caracterizar esta zona desde el punto de vista geomorfológico, mediante la identificación de áreas o lugares susceptibles a presentar este tipo de procesos.

1.4. JUSTIFICACIÓN

Como un proyecto a nivel nacional, el Servicio Geológico Colombiano (S.G.C.) lleva a cabo en conjunto con las universidades que cuentan con el programa de geología e ingeniería geológica, una zonificación de susceptibilidad y amenaza relativa por movimientos en masa en escala 1:100.000, con sus respectivas memorias.

En el caso de la Universidad Industrial de Santander (UIS), la Escuela de Geología ha firmado el Convenio 009/13 con el Servicio Geológico Colombiano (SGC), para realizar este proyecto en 20 planchas discriminadas así: 10 planchas en el denominado "BLOQUE 4", en parte de los departamentos de Tolima, Huila y Cauca (281, 282, 283, 301, 302, 322, 323, 343, 345 y 364) y 10 planchas en el denominado "BLOQUE 5" en los departamentos de Santander, Norte de Santander, Boyacá, Antioquia, Arauca y Casanare (109, 110, 111, 119, 121, 133, 134, 136, 137, 153).

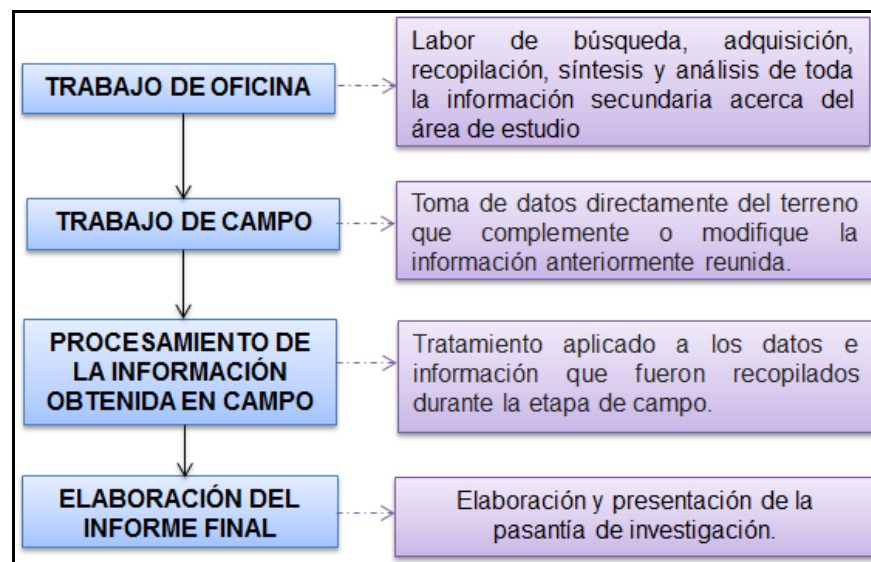
La información generada en escala 1:100.000 servirá como base para futuros estudios detallados que sirvan para la planeación de proyectos de infraestructura y desarrollo regional.

El levantamiento y registro de movimientos en masa (SIMMA) enriquecerá la base de datos a nivel nacional para el seguimiento y monitoreo de los deslizamientos que tienen impacto en la población y vías de acceso en cada una de las planchas objeto de este estudio.

1.5. METODOLOGIA

La metodología utilizada se basa en una serie de pasos o parámetros necesarios, los cuales se desarrollan de forma consecutiva e hicieron posible la recopilación, el análisis y la interpretación de la información necesaria para el desarrollo de este proyecto. Dentro de estos pasos o parámetros se desarrolla el trabajo de oficina, el trabajo de campo, el procesamiento de la información obtenida en campo y finalmente una edición que conduzca a la elaboración del informe final (Figura 3) A continuación se describen cada etapa necesaria para el desarrollo del presente informe:

Figura 3. Metodología empleada para la elaboración del presente informe.



Fuente: Autor.

1.5.1. Trabajo de oficina. Como trabajo de oficina se conoce a toda aquella labor de búsqueda, adquisición, recopilación, síntesis y análisis de información secundaria, es decir, aquellos datos obtenidos de forma indirecta acerca del área de estudio, por medio de diferentes fuentes.

La información recopilada se centró, principalmente en aquellos datos sobre de configuración inicial del terreno, de los procesos que originaron las actuales formas del paisaje y de los mecanismos que contribuyen actualmente a la modificación del mismo.

Para determinado fin, se procedió, primero a la búsqueda y adquisición de diferentes insumos como mapas geológicos (mapas litológicos y mapas de fallas geológicas), mapas cartográficos, mapas de sombras, mapa de pendientes (estos últimos dos derivados del modelo digital de elevación, DEM), fotografías aéreas y sensores remotos (ver capítulo 2.3, Insumos), que permitieron la caracterización del área. La anterior información fue suministrada por diferentes entidades, como el Instituto Geográfico Austin Codazzi (IGAC) y el Servicio Geológico Colombiano (SGC).

Todos estos insumos fueron recopilados junto con la información acerca de los procesos que están actualmente modificando las formas del paisaje. Estos datos corresponden a la identificación de áreas donde actualmente se presenten movimientos en masa o zonas donde ocurran procesos de inestabilidad de laderas, las cuales serán susceptibles de generar, a futuro, procesos de movimientos en masa; toda esta información fue adquirida a través del Servicio Geológico Colombiano, SGC (en el Sistema de Información de Movimientos en Masa, SIMMA), por las corporaciones autónomas regionales (Corpoboyacá, Corporinoquia y la Corporación Autónoma Regional de Santander CAS), por los Planes de Ordenamiento Territorial (POT) y de los Esquemas de Ordenamiento



Territorial (EOT) de los diferentes municipios, además de todos los datos encontrados en páginas oficiales y documentos de Alcaldías, Gobernaciones y otras instituciones afines.

Se determinó inventariar, clasificar y caracterizar un mínimo de 30 fenómenos de movimientos en masa, para cada una de las planchas (137, El Cocuy y 153, Chita).

Posterior a la etapa de búsqueda y adquisición de la información preliminar, se procedió a la síntesis de toda la información obtenida, con el fin de filtrar los datos recopilados y así obtener o extraer la información necesaria para el desarrollo de dicho proyecto en la zona de interés.

Debido a que el propósito de esta etapa dentro del proceso metodológico es generar una visión general o una idea preliminar del área de estudio, se procedió, finalmente, al análisis de la información anteriormente sintetizada, mediante la definición y delimitación de las unidades geomorfológicas, según su ambiente de formación y los rasgos morfodinámicos más sobresalientes, generando así, un mapa preliminar a escala 1:100.000, fundamentado en el procesamiento digital de imágenes. Este producto, el mapa geomorfológico preliminar, será fundamental en la siguiente etapa del proceso metodológico, el trabajo de campo.

1.5.2. Trabajo de campo. El trabajo de campo se basa en la toma de datos directamente del terreno, que complemente o modifique la información anteriormente reunida. Se centra principalmente en la deducción de características geológicas y geomorfológicas tales como formas, dimensiones y estructuras, procediendo siempre de lo general a lo específico, que contribuya a la cartografía detallada de dichas características.

Para ello, primero, se procedió a realizar un cronograma, en donde se consignaron las actividades a realizar según el tiempo estimado para el trabajo de campo, el cual constó de dos salidas de campo, una a cada plancha, la primera con una duración de 17 días y la segunda con una tiempo de 27 días, en donde se procedió a realizar la cartografía de los atributos morfodinámicos y morfogenéticos, correspondientes al insumo de geomorfología.

Para tal fin, las planchas fueron recorridas, según la malla vial existente en el sector, procurando siempre puntos de observación altos, para lograr panorámicas que permitieran realizar observaciones generales del área, para después, realizar una cartografía más detallada de determinadas zonas. La escala de trabajo utilizada (1:100.000), la cual corresponde con una escala regional, representa una limitante, desde el punto de vista de la cartografía debido a la existencia de algunos procesos morfodinámicos menores o a algunas unidades morfogenéticas poco extensas. Sin embargo, estas unidades o procesos no cartografiados, fueron consignados como notas.

El desarrollo de la variable morfodinámica se realizó mediante el levantamiento de formatos, diseñados para inventariar, clasificar y caracterizar los diferentes procesos de movimientos en masa. Estos formatos son aportados por el Servicio Geológico Colombiano (S.G.C.), y serán anexados o compilados en la base de datos del Sistema de Información de Movimientos en Masa (SIMMA) en la página del Servicio Geológico Colombiano (www.sgc.gov.co.)

Entre tanto, para el tratamiento de la variable morfogenética, se caracterizaron las diferentes geoformas integradoras del paisaje, los procesos que actuaron y que actualmente modelan la superficie terrestre y la génesis de estas expresiones morfológicas, según el ambiente de origen que corresponda a cada una de ellas y que se observen en determinada área. Para este atributo también se contó con un



formato determinado, proporcionado por la Universidad Industrial de Santander (UIS), mediante el cual se caracterizó determinada geoforma de acuerdo a los parámetros anteriormente mencionados.

Estos formatos juntos a diferentes esquemas y un buen registro fotográfico son la base para la siguiente etapa del proceso metodológico, el procesamiento de la información de campo.

1.5.3. Procesamiento de la información obtenida en campo. El procesamiento de la información obtenida en campo corresponde al tratamiento aplicado a los datos e información que fueron recopilados en la etapa anterior de este proceso metodológico. Toda esta información fue interpretada y fueron realizadas las correcciones requeridas para la elaboración del mapa definitivo para cada una de las planchas.

Por tal motivo, fue necesaria la reunión y discusión con el equipo de trabajo, en donde los esquemas, fotografías y perfiles realizados en campo, fueron, junto con el mapa preliminar complementado o modificado en campo, la base para los ajustes necesarios.

También, en esta etapa, se procedió a la compilación de dicha información en determinadas bases de datos. Esto ocurre con los formatos donde se consignó la información correspondiente a la variable morfodinámica, los cuales fueron cargados en el Sistema de Información de Movimiento en Masa, SIMMA, en la página del Servicio Geológico Colombiano (<http://www.sgc.gov.co>), y serán de vital importancia, pues estos datos se convertirán en información secundaria para futuros estudios en la zona de interés.



Para el procesamiento de esta información, se utilizaron Sistemas de Información Geográfica, en este caso concreto, el software ARC – GIS versión 10.1, en donde los diferentes mapas utilizados fueron trabajados, editados y presentados en formato mxd, con un sistema de coordenadas correspondiente a Magna Colombia Bogotá, a escala 1:100.000.

El producto final de esta etapa corresponde a la elaboración y revisión del mapa geomorfológico definitivo o final, de cada una de las planchas, en donde se identifiquen las respectivas unidades, clasificadas según su ambiente de formación, junto con la descripción de los principales procesos que estén modificando dichas geoformas.

Junto a este producto, también se elaboraron las respectivas memorias explicativas, tanto geomorfológicas, como morfodinámicas, correspondientes a cada una de las planchas, en donde se consigne todas las características anteriormente analizadas e interpretadas, es decir, el ambiente morfogenético, sus geoformas asociadas y la relación con los procesos morfodinámicos presentes.

Estos documentos, serán la base para el desarrollo de la zonificación de la susceptibilidad y, junto a factores detonantes como las condiciones climáticas (precipitaciones) y la amenaza sísmica, se podrá elaborar la zonificación de la amenaza relativa por movimientos en masa a escala 1:100.000.

1.5.4. Elaboración del informe final. En esta etapa, la cual corresponde a la última dentro del proceso metodológico, se procedió a la elaboración del presente informe, el cual reúna todas las actividades realizadas, los resultados obtenidos, los productos entregados y el impacto o la utilidad de esta pasantía de investigación.



Este documento fue entregado a la Universidad Industrial de Santander (UIS), en formato digital y análogo, de acuerdo a la norma técnica Colombia NTC 1486, en su sexta actualización, para la documentación, elaboración y presentación de tesis, trabajos de grado y otros trabajos de investigación.

2. MARCO TEÓRICO

Este capítulo aborda algunos términos o conceptos básicos pertenecientes a la geomorfología, que constituyen pilares fundamentales en la descripción y caracterización correspondiente a la zona de estudio (plancha 137, El Cocuy y plancha 153, Chita), desde el punto de vista de la identificación de zonas en donde se presenten, actualmente, o puedan ocurrir, a futuro, problemas relacionados con procesos de movimientos en masa.

Según lo anterior, se procederá, primero a definir el concepto de la geomorfología, ciencia fundamental en la actual pasantía de investigación, para su posterior caracterización a través de los diferentes atributos que integran esta variable, como la morfometría, morfogénesis y morfodinámica. Finalmente, se exhibirán los insumos que fueron necesarios en alguna etapa del proceso metodológico, para la toma de la información requerida de los atributos anteriormente descritos.

2.1. DEFINICIÓN DE GEOMORFOLOGÍA

La ciencia que estudia las variadas expresiones y las diferentes formas que integran el paisaje corresponde a la geomorfología. Varios autores han definido esta ciencia. Algunos de estos enunciados son:

- “Es una ciencia que se propone describir las formas del terreno y explicar el relieve, su evolución y los procesos de su modelado.” (Derrau, M., 1966, en Villota, H., 1989.)

- “Ciencia que trata la descripción, el estudio de la génesis, clasificación, procesos y evolución de las formas antiguas y recientes del terreno (tanto terrestres como submarinas) y su relación con las estructuras infrayacentes. Esta ciencia está enfocada al análisis de la superficie de la Tierra, en donde interactúa la litosfera, la hidrosfera, la atmósfera y la biosfera”. (Carvajal, 2008, en SGC, 2012)
- “Es un estudio que describe las formas del terreno y los procesos que condujeron a su formación, y que además investiga las inter – relaciones de esas formas y procesos en su distribución o arreglo espacial.” (Van Zuidam, 1976, en Villota, H., 1989.)

De las definiciones pasadas, podemos observar que la geomorfología posee como objetivos la definición, origen y evolución a través del tiempo de las diferentes formas, así como la clasificación de sus paisajes y la descripción de los procesos modeladores que actualmente afectan a determinada expresión morfológica de la superficie terrestre.

En resumen, la geomorfología está encargada de estudiar tres principales aspectos de las diferentes expresiones del terreno: forma, procesos e historia. (Huggert, R., 2007)

Las diversas unidades que integran el paisaje o que conforman el terreno, son el objeto de estudio de la geomorfología y corresponden a las denominadas geoformas. Su definición obedece a un concepto genérico que designa todos los tipos de formas del relieve independientemente de su origen, de su dimensión y de su nivel de abstracción, similarmente a como es utilizado el término suelo en pedología o planta en botánica. (Zinck, 1988; Zinck & Valenzuela 1900, en Zinck, J., 2012)



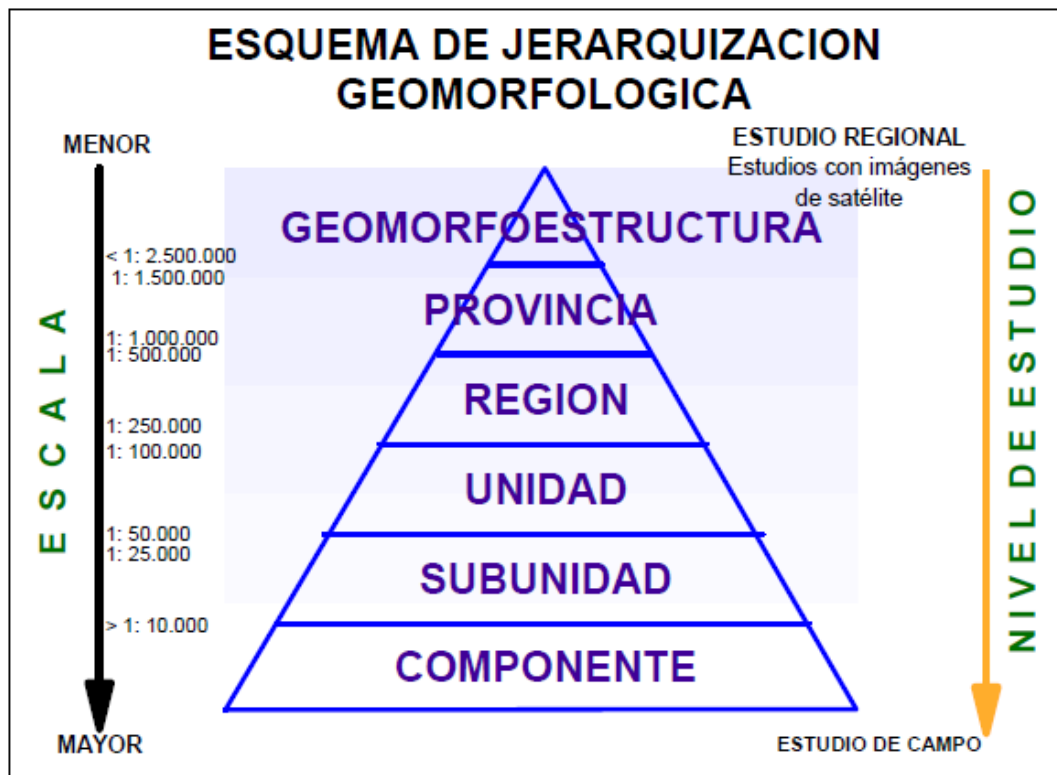
Las geoformas, en relación a la superficie del terreno, poseen un componente interno (hipogeo) que refleja el material constituyente de la geoforma (su contenido), expresado en sus características genéticas y estratigráficas (cronológica); y un componente externo (epigeo) en relación a su figura, su forma, la cual expresa una combinación de características morfográficas y morfométricas. Idealmente una clasificación de las geoformas debería reflejar características de ambos componentes, tanto el material constituyente como su expresión fisiográfica. (Zinck, J., 2012)

Para el análisis geomorfológico de un determinado sitio o lugar, el Servicio Geológico Colombiano (SGC) desarrolló una propuesta de jerarquización geomorfológica, siguiendo un proceso analítico para llegar desde un punto de vista regional hasta llegar a uno local. Este sistema de jerarquización se basa en el propuesto por Carvajal 2008. (Figura 4) Las escalas de jerarquización propuestas son las siguientes. La información es tomada de SGC, 2012.

- Geomorfoestructura: Esta categoría involucra grandes áreas continentales o intracontinentales, definidas por estructuras geológicas y topográficas regionales. Se describe a escalas menores a 1:2.500.000.
- Provincia geomorfológica: Corresponde a conjuntos de regiones geomorfológicas caracterizadas por geoformas delimitadas por un macro – relieve. La escala utilizada para la provincia geomorfológica varía entre 1: 1.000.000 a 1:500.000.
- Región geomorfológica: Hace referencia a un conjunto de geoformas relacionadas con los procesos de origen de los paisajes y con los procesos dinámicos que los afectan. La escala para esta categoría oscila entre 1:250.000 a 1:500.000.

- Unidad geomorfológica: La escala correspondiente varía entre 1:50.000 a 1:100.000 y representa una geoforma en particular, originada por determinados procesos dentro de un ambiente morfogenético definido.
- Sub – unidad geomorfológica: Definida fundamentalmente por contrastes morfológicos y morfométricos que relacionan el tipo de material o la disposición estructural de los mismos. Su escala abarca desde 1:10000 a 1:25.000.
- Componente o elemento geomorfológico: Corresponde al máximo nivel de detalle, el cual describe los rasgos del relieve en sitios puntuales dentro de una sub – unidad geomorfológica. La escala oscila entre 1:2.000 a 1: 10.000.

Figura 4. Esquema de jerarquización geomorfológica propuesto por Carvajal (2008)



Fuente: SGC, 2012.

Para la presente pasantía de investigación, la categoría básica utilizada corresponde a la unidad geomorfológica. Este nivel de jerarquización, genera la posibilidad de individualizar una geoforma determinada con sus respectivas características y clasificarla dentro de un específico ambiente morfogenético, de tal manera que se reconozca su génesis y su desarrollo.

2.2. ATRIBUTOS DE LA GEOMORFOLOGÍA

Para la descripción, clasificación y posterior calificación de la variable geomorfología en la identificación de zonas o áreas con predisposición de generar movimientos en masa, se definen los atributos o parámetros de este insumo, los cuales corresponden con la morfogénesis, la morfodinámica y la morfometría.

2.2.1. Morfometría. La morfometría corresponde al atributo de la geomorfología que estudia las características cuantitativas de las formas del relieve (alturas, superficies, pendientes, volúmenes, etc.), a partir de diversos índices numéricos. (UNAM, 1989) En otras palabras, este atributo comprende la caracterización y el análisis digital de las superficies topográficas continuas (Pike et al., 2009 en Zinck, J., 2012), abarcando los rasgos dimensionales de las geoformas, los cuales se derivan de una representación numérica de la topografía, (Pike, 1995; Pike & Dikau, 1955 en Zinck, J., 2012)

Esta información es extraída del modelo digital de elevación, DEM, y permite la medición de una variedad de parámetros morfométricos, a saber, pendiente, hipsometría, orientación, exposición visual, insolación, curvatura tangencial, curvatura del perfil, características de cuencas hidrográficas (superficie, altura y pendiente) y rugosidad (Gallant & Hutchinson, 2008; Olaya, 2009 en Zinck, J., 2012)

Sin embargo, para la descripción y cateterización de las unidades del terreno la información requerida corresponde a contraste de relieve o relieve relativo, inclinación de la ladera, longitud y forma de la misma y patrón de drenaje, descritos a continuación. La siguiente información es tomada de SGC (2012):

- Contraste de relieve o relieve relativo: “Representa la diferencia de altitud entre la parte más baja y la parte más alta de determinada geoforma, sin tener en cuenta la altura absoluta de la unidad, ni la altura del nivel del mar. Indica la energía potencial de un sistema de drenaje y los materiales constitutivos de la geoforma”. (Tabla 1)

Tabla 1. Clasificación por rangos de intervalos de altura de contraste de relieve o relieve relativo.

Altura (m)	Descripción del relieve	Resistencia del material	Resistencia a la erosión
Menor a 50	Muy bajo	Materiales muy blandos	Muy erosionables
50 – 250	Bajo	Material blando	Erosionable
250 – 500	Moderado	Material moderadamente blando	Erosión alta
500 – 1000	Alto	Material resistencia	Erosión moderada
1000 – 2500	Muy alato	Material muy resistente	Erosión baja
Mayor a 2500	Extremadamente alto	Extremadamente resistente	Erosión muy baja

Fuente: Tomado y modificado de SGC (2012).

- Inclinación de la ladera: “Corresponde al ángulo que forma la ladera con respecto a un plano horizontal. Provee información acerca de del tipo de

material que conforma la unidad geomorfológica y con la susceptibilidad de dicha geoforma a la generación de movimientos en masa”. (Tabla 2)

- Longitud de la ladera: La longitud de la ladera corresponde a “un indicador de la homogeneidad del material constitutivo de las geoformas presentes en el área de estudio”. (Tabla 3)

Tabla 2. Clasificación por rangos de intervalos de grados de inclinación de la ladera.

Inclinación (Grados)	Descripción	Características del material	Susceptibilidad a presentar movimientos en masa
< 5	Plana suavemente inclinada	Material muy blando	Muy baja
6 – 10	Inclinada	Material blando	Baja
11 – 15	Muy Inclinada	Moderadamente blanda	Moderadamente
16 – 20	Abrupta	Moderadamente resistente	Moderadamente
21 – 30	Muy abrupta	Resistente	Alto
31 – 45	Escarpada	Muy resistente	Alto
>45	Muy escarpada	Extremadamente resistente,	Muy alta

Fuente: Tomado y modificado de SGC (2012).

Tabla 3. Clasificación por rangos de intervalos de longitud de la ladera.

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

Fuente: Tomado y modificado de SGC (2012).

- Forma de la ladera: “Representa la homogeneidad en la resistencia de los materiales y la presencia o el control por parte de estructuras geológicas; así como establece los tipos de movimientos en masa que puedan generarse en una ladera”. (Tabla 4)

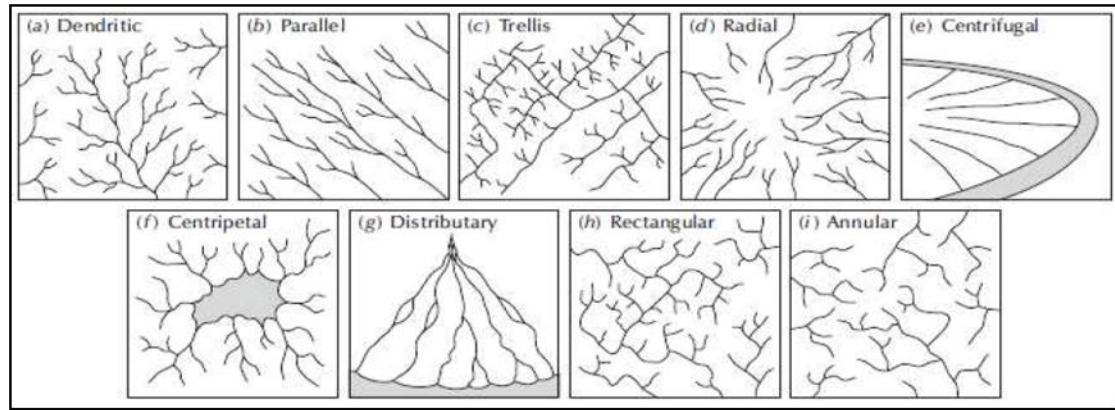
Tabla 4. Clasificación de rangos de forma de la ladera.

Clase	Características del material	Disposición estructural	Movimientos en masa asociados
Recta	Alta resistencia	A favor de la pendiente	Deslizamiento traslacional
Cóncava	Materiales blandos	No diferenciado	Deslizamiento rotacional
Convexa	Materiales blandos	Casi horizontal	Meteorización y erosión, junto a pequeños deslizamientos rotacionales
Irregular o Escalonada	Materiales de variada resistencia	En contra de la pendiente	Caída de bloques y erosión diferencial
Compleja	Mezcla de materiales	No definida	Deslizamientos complejos

Fuente: Tomado y modificado de SGC (2012).

- Patrón de drenaje: “Corresponde a la distribución de todos los canales de drenajes superficiales en un área determinada ocupada por agua de forma permanente o transitoria. El patrón de drenaje está controlado por la inclinación del terreno, tipo de estructura geológica de la roca subyacente, densidad de vegetación y las condiciones climáticas”. Los principales patrones de drenajes se pueden observar en la figura 5.

Figura 5. Principales patrones de drenajes.



Fuente: SGC 2012.

2.2.2. Morfogénesis. La morfogénesis corresponde a la definición del origen de las formas del relieve de la superficie terrestre en relación con la historia de su desarrollo (UNAM, 1989). El origen del paisaje depende de los procesos endogenéticos y la modificación por parte de los agentes exogenéticos que actúan, en diferentes grados de intensidad y durante intervalos de tiempo (geológico) sobre la superficie de terrestre, modificando las expresiones pre – existentes del terreno. (SGC, 2012)

La definición de la génesis de la geoformas presentes en el área de estudio se engloba dentro del término de los ambientes morfogenéticos, mientras que sus modificaciones o alteraciones por medio de diferentes agentes, bien sea por factores externos o internos, corresponden a la acción de los procesos geodinámicos.

2.2.2.1. Ambientes morfogenéticos. Las condiciones físicas, químicas, bióticas y climáticas bajo las cuales se formaron determinados tipos de geoformas se define como ambiente morfogenético. Se determina por medio de la interpretación de los

diferentes procesos geomorfológicos en base a las diversas expresiones del terreno, que dieron lugar a la formación, evolución y modificación de las geoformas. (SGC, 2012).

Los ambientes morfogenéticos (según el sistema ITC, de Verstappen y Van Zuidam, 1992, en SGC, 2012) corresponden a:

- Ambiente morfoestructural: Geoformas originadas por la dinámica interna de la Tierra, asociadas a plegamientos y fallamientos; incluye el ambiente neotectónico.
- Ambiente volcánico: Hace referencia a geoformas originadas por la extrusión de material fundido procedente del interior de la Tierra.
- Ambiente Kárstico: Este ambiente abarca geoformas originadas por procesos de meteorización y dilución de las rocas solubles, como calizas y sal, en ambientes húmedos y cálidos.
- Ambiente fluvial y lagunar: Las geoformas de este tipo de ambiente están caracterizadas por ser producto de la acción del agua, es decir debido a la actividad fluvial.
- Ambiente glaciar y periglacial: Ambiente cuyas geoformas son desarrolladas en ambientes de altas latitudes o altitudes, generadas por la acción glacial.
- Ambiente denudacional: Geoformas determinadas por la acción de procesos erosivos hídricos (principalmente), por procesos de meteorización, y por fenómenos de movimientos en masa, afectando y moldeando geoformas pre – existentes.

- Ambiente eólico: Geoformas pertenecientes a este tipo de ambiente, deben su origen a la acción del viento, principalmente en zonas desérticas.
- Ambiente costero y marino profundo: A este tipo de ambiente, costero y marino profundo, corresponden las geoformas originadas por la actividad de las corrientes marinas y el oleaje costero del mar.
- Ambiente antropogénico y/o biológico: Ambiente que presenta geoformas cuya génesis corresponde a la actividad del hombre, el cual modifica la morfología natural del terreno.

Cada ambiente morfogenético descrito anteriormente contiene una gran variedad de geoformas relacionadas entre sí por un origen o una génesis común. Las diferentes geoformas pertenecientes a cada ambiente morfogenético presentes en la zona de interés se presentan en el capítulo de resultados.

Adicionalmente, para la cartografía geomorfológica de estas unidades, se estableció el uso de colores en base a la morfogénesis correspondiente, de acuerdo a la propuesta de Carvajal (2002). Esta información se observa en la tabla 5.

2.2.2.2. Procesos geodinámicos. Los procesos geodinámicos crean, moldean y modifican las diferentes unidades geomorfológicas o geoformas que integran el paisaje y contribuyen a la evolución geológica del mismo. Estos procesos morfodinámicos corresponden con los procesos exógenos o externos y procesos endógenos o internos.

Tabla 5. Colores establecidos para los polígonos de las unidades geomorfológicas.

Ambiente Morfo genético	Color
Ambiente Morfoestructural	Púrpura
Ambiente Volcánico	Rojo
Ambiente Kárstico	Naranja
Ambiente Fluvial y Lagunar	Azul
Ambiente Glaciar y Periglaciar	Grises
Ambiente Denudacional	Marrón
Ambiente Eólico	Amarrillo
Ambiente Costero y Marino Profundo	Verde
Ambiente Antropogénico y/o Biológico	Negro

Fuente: Tomado y modificado de SGC (2012).

Los procesos exógenos operan sobre la superficie de la Tierra o cerca de ella y son, normalmente controlados por fuerzas como la gravedad y las condiciones atmosféricas; mientras tanto los procesos endógenos son aquellos que ocurren al interior de la Tierra, y aunque, los resultados de estos se observan sobre la superficie, la fuente de energía que inicia estos procesos está localizada debajo de esta. (Ritter, D., *et al* 2011

Así, estos últimos, se relacionan con los procesos internos de la Tierra como la deriva continental, la tectónica de placas y el magmatismo, entre otros, los cuales

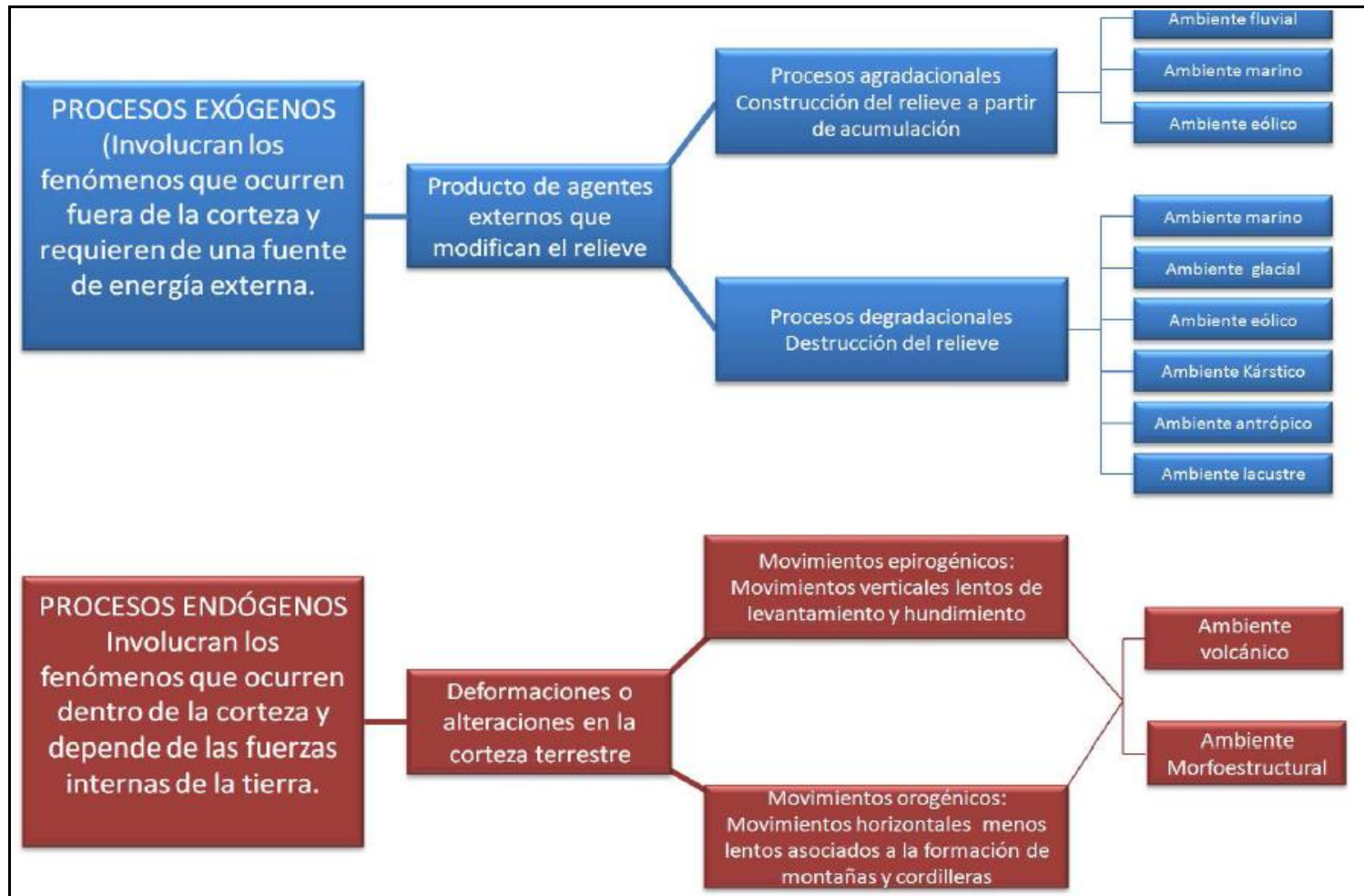
se expresan en la superficie como fallamiento y vulcanismo (SGC, 2012b), creando nuevas geoformas (Huggert, R., 2007); mientras los procesos externos (exógenos) actúan por medio de determinados agentes como el agua, el hielo, la gravedad, los fenómenos meteorológicos y hasta la actividad antrópica, modificando las diferentes expresiones del terreno preexistentes y generando nuevos paisajes mediante los procesos de meteorización de rocas, erosión, transporte y deposición de diferentes materiales (SGC, 2012).

Según lo anterior, los procesos exógenos abarcan los elementos determinantes en la generación de movimientos en masa. Así, estos procesos pueden desarrollar eventos de pérdida o ganancia de material dependiendo del ambiente de formación y del lugar de ocurrencia de determinado proceso. De esta manera se clasifica este tipo de agente geodinámico como agradacional, cuando el aporte de material es evidente; entre tanto, aquellas unidades del paisaje donde predomine la pérdida de material, bien sea por procesos erosivos o de nudados se califican como degradacionales. (SGC, 2012b)

Mientras tanto, los procesos endógenos, se pueden clasificar como movimientos orogénicos o movimientos epirogenéticos. Los primeros se caracterizan por una intensa alteración del material rocoso debido al plegamiento y cabalgamiento. Este proceso termina con la formación de montañas y cordilleras. Entre tanto, los movimientos epirogenéticos se caracterizan por ser procesos de levantamiento y hundimiento a escala regional. (Ritter, D., *et al* 2011)

Se consideran como parte de los procesos exógenos, los ambientes morfogenéticos denudacional, glacial, fluvial, eólico, kárstico, marino y antrópico, mientras los ambientes estructurales y volcánicos corresponden a los procesos endógenos. Todo lo anterior se puede observar en la figura 6, en donde se aprecia la relación entre los procesos geodinámicos y los ambientes morfogenéticos.

Figura 6. Relación entre los procesos geodinámicos y los ambientes morfogenéticos.



Fuente: Tomado y modificado de SGC (2012b).

2.2.3. Morfodinámica. La morfodinámica corresponde al atributo de la geomorfología encargado de tratar los procesos geodinámicos externos (principalmente denudativos) tanto antiguos, como recientes que han modelado, continúan moldeando el relieve y son los responsable del estado actual de las geoformas. Todos los elementos móviles determinados por las fuerzas de cambio, capaces de obtener, transportar y depositar los productos provenientes de la meteorización y de la sedimentación, se conocen como agentes morfodinámicos. (SGC, 2012)

Estos procesos geodinámicos se constituyen en los principales agentes o factores responsables de la ocurrencia de la mayoría de los procesos geomorfológicos exógenos, que se presentan sobre la superficie de la Tierra.

La caracterización morfodinámica permite la identificación y la definición de la evolución de los procesos denudativos (erosión y movimientos en masa) que ocurrieron en una determinada área y permite la evaluación de dicha zona en términos de estabilidad del terreno. (SGC, 2012)



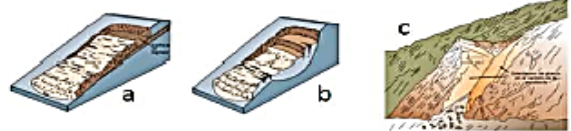

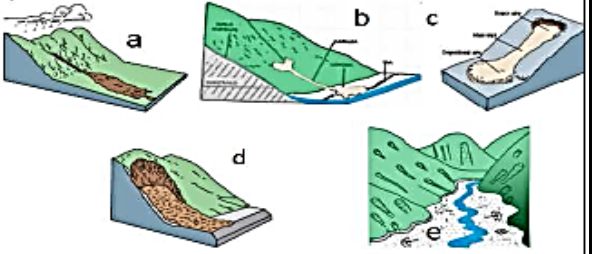

Para el inventario, la clasificación y la caracterización de los movimientos en masa presentes en el área de trabajo, se usaron los lineamientos y definiciones presentes en el PMA – GEMMA (2007), en donde, se define el termino movimiento en masa como: “Todos aquellos movimientos ladera abajo de una masa de roca, de detritos o tierra por efecto de la gravedad” (Cruden, 1991 en PMA – GEMMA, 2007).

Para la clasificación de estos tipos de movimiento en masa, Varnes emplea como criterio principal el tipo de movimiento (caídas, vuelcos, deslizamientos, propagaciones, flujos y reptación) y, en segundo lugar, el tipo de material (rocas y suelos, estos últimos divididos en detritos y tierra). (Varnes 1958 y 1978, en PMA

– GEMMA 2007). Así, pues de los anteriores criterios se obtiene los diferentes tipos de movimientos en masa (figura 7). A continuación una breve descripción de cada uno de ellos. La siguiente información es tomada de PMA – GEMMA 2007.

- Caídas: Tipo de movimiento en masa, en el cual uno o varios bloques de suelo o roca se desprenden de una ladera, sin que sobre esta última, ocurra desplazamiento cortante apreciable. Dependiendo del tipo de material se puede hablar de caídas de roca o suelo y detritos.
- Volcamiento: Este movimiento ocurre gracias a la acción de la gravedad, por la presión de fluidos en grietas o también es generado por empujes de las unidades adyacentes y corresponde a aquel movimiento, en el cual, existe una rotación generalmente hacia delante de uno o varios bloques, los cuales pueden ser de roca o suelo, alrededor de un punto de giro en su parte inferior. El vuelco de bloques se diferencia del vuelco flexural, debido a que, el primer movimiento de estos, se relaciona más con rocas competentes, controlados por una orientación específica de las discontinuidades, en donde el movimiento ocurre por la pérdida de estabilidad y rotación de uno o varios bloques a partir de un punto sobre su base; mientras el segundo movimiento se constituye de materiales más frágiles y en condiciones de diaclasamiento, en donde el desplazamiento se genera por el doblamiento de columnas de rocas delgadas.
- Deslizamiento: Movimiento ladera abajo de un material (roca o suelo), cuyo desplazamiento puede ocurrir a lo largo de una superficie de falla, o de una delgada zona en donde ocurre una gran deformación cortante. Según la forma de dicha superficie de falla, estos movimientos en masa se pueden subdividir en deslizamientos traslacionales o deslizamientos rotacionales.

Figura 7. Tipos, subtipos y esquemas de los diferentes movimientos en masa.

Tipo	Subtipo	Esquema
Caídas	Caída de rocas (detritos o suelo)	
Volcamiento	Volcamiento de roca (Bloque). Volcamiento Flexural de roca o del macizo rocoso	
Deslizamiento roca o suelo	Deslizamiento traslacional (a) Deslizamiento rotacional (b) Deslizamiento en cuña (c)	
Propagación lateral	Propagación lateral lenta Propagación lateral por licuación (rápida)	
Flujo	Flujo de detritos (a) Crecida de detritos Flujo de lodo (b) Flujo de tierra (c) Flujo de turba Avalancha de detritos (d) Avalancha de rocas (e) Deslizamiento por flujo o deslizamiento por licuación (arena, limo, detritos, roca fracturada)	
Reptación	Reptación de suelos (a) Solifluxión (b) Gelifluxión (en permafrost)	

Fuente: SGC (2012)

Al hablar de deslizamiento traslacional, hace referencia a la forma plana u ondulada que presenta la superficie de falla por donde el material se desplaza. Si esta traslación ocurre en un solo plano se denomina deslizamiento traslacional planar, mientras, corresponde a deslizamiento traslacional en cuña si el desplazamiento del material está delimitado por dos planos de discontinuidad, intersectados entre sí. Entre tanto si la superficie de desplazamiento (o de falla) presenta una morfología curva y cóncava, el nombre acotado es deslizamiento rotacional.

- Propagación lateral: Movimiento en masa cuyo desplazamiento se genera por deformación interna (expansión) del material. Estas propagaciones pueden ser laterales lentas o laterales rápidas (por licuefacción). En el primer de ellos, los estratos rocosos gruesos que sobreyacen a materiales blandos, se fracturan y se separa en bloques, generando que el material superior se desplace hacia las grietas y genere un movimiento extremadamente lento. En el segundo tipo de propagación lateral (por licuefacción), el movimiento es inducido por terremotos.
- Flujo: Tipo de movimiento en masa, en donde el desplazamiento que se observa presenta un comportamiento semejante al de un fluido, el cual puede ser lento, rápido o saturado. La mayoría de estos procesos, se originan a partir de otro movimiento, por ejemplo un deslizamiento o caída. Dentro de este tipo de movimiento se incluyen, aparte de los flujos (movimiento en masa canalizado), avalanchas (movimiento en masa en áreas abiertas de alta pendiente) y crecidas (inundaciones o avenidas). Según el tipo de material constituyente de estos procesos, se obtienen los sub – tipos de movimiento correspondiente a los flujos, como se observa en la figura 7.

- Reptación: Movimiento en masa muy lento de la superficie del terreno, en donde no se distingue una superficie de falla. La soliflucción y la gelifración (este último para ambientes periglaciares) pertenecen a este tipo de movimiento.

2.3. INSUMOS

Para el desarrollo del mapa geomorfológico a escala 1:100.000, correspondiente a la zona de estudio (plancha 137, El Cocuy y plancha 153, Chita), fue necesario el uso de determinada información o insumos, tanto básicos como temáticos.

Se aclara que, algunos de los insumos descritos a continuación, no fueron utilizados por el autor del presente informe; la interpretación de esta información correspondió a un conjunto determinado de personas, pertenecientes al grupo de trabajo, dentro de la presente pasantía de investigación.

2.3.1. Insumos básicos. El modelo digital de elevación (DEM), el mapa de pendientes y el mapa de sombras (estos últimos dos derivados del primer insumo), junto con las planchas cartográficas básicas a escala 1:100.000, los sensores remotos y las fotografías aéreas son, en conjunto, la información necesaria clasificada como insumos básicos, los cuales se procederán a describir.

2.3.1.1. Modelo digital de elevación (DEM): Los Modelos digitales de elevación (DEM) corresponden a estructuras numéricas de datos que representan la distribución espacial de la altitud de la superficie del terreno (Felicísimo, A. 1994)

Este modelo digital de elevación fue producido por la misión SRTM del año 2000 a una resolución de 1 arco – segundo (aproximadamente 30m en el Ecuador) para

casi todo el globo terráqueo, entre las latitudes 60° norte y 56° grados sur (Farr, 2007 en SGC, 2013) con un error de altitud vertical de 6,2 m (nivel de confianza de 90%) y un error de geoubicación de 9m para Suramérica (Rodríguez, 2006 en SGC, 2013). Modelo de referencia al geoide WGS84 y elevaciones al EGM96. (SGC, 2013)

Este insumo básico representa la altitud de determinada zona en relación a un sistema de coordenadas concreto, y es útil en la generación de variables geométricas, y en la elaboración, tanto del mapa de relieve del terreno, como el mapa de sombras en tres dimensiones.

2.3.1.2. Mapa de sombras. Este insumo básico se obtuvo a partir del modelo digital de elevaciones de Colombia, fuente (NASA), desarrollado en Febrero del año 2000, como proyecto conjunto de la Nasa y agencias espaciales de Alemania (DLR) e Italia (ASI) (SGC, 2012).

El mapa de pendientes proporciona información acerca de los rasgos geomorfológicos, debido a que resalta la topografía de una determinada zona, por el efecto producido por la sombra generada del relieve expuesto a una fuente de luz, con una elevación y un azimut determinados, razón por la cual se pueden generar estos mapas de sombras en diferentes direcciones.

2.3.1.3. Mapa de pendientes. Corresponde a una variable cuantitativa y continua derivada del modelo digital de elevación (DEM) y representa los cambios topográficos del terreno. Para la clasificación de los diferentes intervalos de pendientes fueron tomados los rangos de inclinación de ladera propuestos por Carvajal (2008), apreciables en la Tabla 2.

2.3.1.4. Planchas cartográficas básicas escala 1:100.000. Corresponde a la cartografía realizada en formato digital y análogo por medio del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). Este insumo posee información sobre la configuración topográfica, hidrográfica y demográfica, así como datos sobre las vías de acceso, límites departamentales y/o nacionales, construcciones importantes, centros poblados y puntos de control sobre determinada área, en este caso concreto, sobre la plancha 137, El Cocuy y la plancha 153, Chita.

Este insumo básico se encuentra en formato análogo referido al Sistema de Proyección Transversa de Gauss, elipsoide de referencia Internacional 1924 y orígenes locales 1,2,3, y 4. (SGC, 2012)

2.3.1.5. Sensores remotos. Los sensores remotos corresponden a un insumo básico que genera información sobre la superficie terrestre o la atmosfera a partir de la captación de la radiación electromagnética emitida o reflejada por estas. (Gutierrez, M., 1993)

Los datos suministrados por los sensores remotos son de gran utilidad, debido a la gran cobertura global y periódica que se puede obtener, permitiendo la caracterización de grandes áreas, incluso en zonas de difícil acceso, de acuerdo a la resolución espacial y temporal del satélite utilizado.

Las imágenes de satélite Spot y LANDSAT, presentan grandes ventajas en la identificación y cartografía del terreno, en especial por la alta resolución espectral determinada por varias bandas (planos de imagen) de diferente longitud de onda, la facilidad de interpretación digital de varias escalas (resolución espacial por pixel 10 – 20 m en imágenes SPOT y de 30m en imágenes Landsat TM), la capacidad de producir múltiples planos – imagen por procesamiento digital y el carácter numérico de su información entre otras (Vargas, 1944 en SGC, 2012)



Por tal motivo, los sensores remotos utilizados en el presente informe corresponden a las imágenes satelitales Spot y Landsat, cuya interpretación estuvo a cargo de las personas dentro del grupo de trabajo, encargadas de este insumo.

2.3.1.6. Fotografías aéreas. Las fotografías aéreas permiten caracterizar y evaluar una determinada zona en un tiempo relativamente corto, además permite el estudio de determinados factores a diferentes escalas y el análisis multitemporal, con el propósito de observar cambios en la configuración del terreno.

Las fotografías aéreas utilizadas para el presente informe fueron interpretadas por medio del grupo de trabajo, utilizando la fotogeología en la identificación de las geoformas por su origen, las relaciones entre las mismas según su ambiente morfogenético, y la evolución de los procesos dinámicos desarrollados sobre la superficie terrestre, como son los procesos de movimientos en masa.

2.3.1.7. Insumos temáticos. Dentro de la información clasificada como insumos temáticos requeridos para la elaboración del mapa geomorfológico, encontramos el mapa geológico a escala 1:100.000 y el mapa de fallas geológicas a escala 1:100.000. A continuación la descripción de cada uno de ellos.

2.3.1.8. Mapa geológico escala 1:100.000. Insumo realizado por el Servicio Geológico Colombiano (SGC), el cual proporciona información geológica, correspondiente a la identificación de las diferentes unidades litológicas presentes en el área y su composición litológica, así como la definición de algunos elementos estructurales como fallas, lineamientos y estructuras. También posee información sobre recursos naturales y manifestaciones minerales. Todo lo anterior contribuye a realizar la caracterización litoestratigráfica de las unidades presentes en la zona de interés.

2.3.1.9. Mapa de fallas geológicas escala 1:100.000. La información de este insumo temático fue tomado directamente de los mapas geológicos a escala 1:100.000, en este caso concreto, de las planchas 137, El cocuy y 153, Chita; de donde se extrajo la caracterización estructural presente en dichos mapas, como el trazado de las fallas y de los lineamientos, así como los ejes de las pliegues de las principales estructuras.

2.3.2. Formatos de captura de datos en campo. El formato o el registro de captura de datos en campo es una herramienta vital en el proceso de identificar, caracterizar y cuantificar determinados procesos morfodinámicos o unidades morfogenéticas presentes en el área de estudio.

El objetivo de la realización de estos registros corresponde, “primero a la identificación de movimientos en masa presentes en la zona de estudio, asociados a cartografía geomorfológica a escala 1:100.000, segundo, a la realización del catálogo histórico y el inventario de movimientos en masa, con su respectiva alimentación al Sistema de Información de movimientos en masa (SIMMA), en la página del Servicio Geológico Colombiano (SGC), y tercero, a la generación de indicadores morfodinámicos y la identificación de los mecanismos de falla predominantes, como insumos en la calibración y modelamiento de la amenaza por movimientos en masa”. (SGC, 2013)

La información recopilada en dichos formatos, corresponden a datos sobre los atributos morfodinámicos y morfogenéticos, pertenecientes al insumo geomorfología, los cuales fueron caracterizados y descritos por medio de tres formatos de registro. El Servicio Geológico Colombiano (SGC), suministró dos de estos tres formatos y la Universidad Industrial de Santander (UIS) entregó el registro faltante.



Para la toma de datos correspondientes a la variable morfodinámica, se utilizaron los dos registros suministrados por el Servicio Geológico Colombiano (SGC), el formato modificado para inventario de movimientos en masa y el formato modificado para catálogo de movimientos en masa.

La diferencia entre el uso de estos dos registros corresponde principalmente a la extensión del proceso a inventariar. Debido a la escala de trabajo utilizada (1:100.000), los deslizamientos con dimensiones superiores a 200 metros, fueron cartografiados como polígonos, mientras aquellos procesos, con dimensiones menores a esta, pero mayores a 50 metros, fueron registrados como puntos. Para estos dos primeros casos, la información recopilada sobre estos movimientos se registró en el formato correspondiente a inventario de movimiento en masa. Para procesos en los cuales las dimensiones fueron menores a 50 metros, la cartografía de esos procesos fue representada como punto y la información obtenida fue registrada en el formato de catálogo de movimientos en masa.

Entre tanto, para la caracterización de la variable morfogénética, la información obtenida fue compilada en la tabla de recolección de datos de morfometría para la cartografía geomorfológica, proporcionada por la Universidad Industrial de Santander (UIS).

2.3.2.1. Formato modificado para inventario de movimientos en masa. El inventario de movimiento en masa corresponde a un registro ordenado de la localización y de las características individuales de una serie de movimientos en masa ocurridos en un área determinada (PMA – GEMMA, 2007)

Dicho formato permite caracterizar determinado proceso de movimiento en masa, ubicarlo en un tiempo y espacio determinado, y evaluar de acuerdo a unos rasgos



geológicos, geomorfológicos y geotécnicos, entre otros, los posibles efectos secundarios o daños que pueda generar.

Como se mencionó anteriormente, este formato fue utilizado para aquellos movimientos en masa que representen unas dimensiones mayores a 50 metros.

El formato modificado para inventario de movimiento en masa en su versión 2012 del Servicio Geológico Colombiano (SGC), se divide en 15 grandes secciones (Figuras 8 y 9), a saber: Datos de registro, localización geográfica y documental del evento, actividad del movimiento, litología y estructura, clasificación del movimiento, morfometría, causas de movimiento, cobertura y uso del suelo, documentos de referencia, efectos secundarios, importancia del evento, daños, notas y apreciación del riesgo, esquemas y registro fotográfico.

Sin embargo, no es necesaria la toma de todos los datos requeridos por el formato, pero algunos de ellos, representan valiosa información sobre la caracterización de estos procesos y por ello se constituyen en campos obligatorios del registro.

2.3.2.2. Formato modificado para catálogo de movimientos en masa. El formato correspondiente a catálogo de movimientos en masa (Figura 10) es aquel registro utilizado para describir y caracterizar los movimientos en masa, de dimensiones menores a 50 metros. Estos procesos, aunque representan dimensiones menores, no significa, que los daños y/o efectos secundarios causados por estos, sean de menor importancia con respecto a los generados por movimientos en masa de mayores dimensiones; de allí la importancia de su registro. Estos formatos se dividen en 5 secciones o partes: Datos de registro, localización geográfica, clasificación del movimiento, daños y notas.

2.3.2.3. Tabla de recolección de datos de morfometría para cartografía geomorfológica. Este formato fue suministrado por la Universidad Industrial de Santander (UIS), para la recopilación de información de las unidades que integran o conforman el paisaje presente en el área de estudio. El formato para la recolección de datos de morfometría para la cartografía geomorfológica es apreciable en la figura 11 y permite inventariar, clasificar y caracterizar las determinadas expresiones que generan la configuración propia del paisaje en determinada área y evaluar sus características geológicas y geomorfológicas, mediante la deducción de algunos parámetros como formas, dimensiones y estructuras presentes, que contribuyan en la determinación de la génesis de la geoforma observada, de acuerdo a su ambiente morfogenético y los procesos que en la actualidad, modifican su configuración inicial.

La escala de trabajo utilizada (1:100.000) representa una limitante, desde el punto de vista de la cartografía geomorfológica, debido a la existencia de algunas geoformas de dimensiones menores, las cuales no pueden ser representadas (cartografiadas) a esta escala regional de trabajo. Sin embargo, estas unidades, deben ser consignadas en el registro, en la sección de notas.

Este formato consta de las siguientes secciones: Localización espacio – temporal, cobertura y uso del suelo, morfogénesis, morfología y morfometría, características del drenaje, grado de meteorización, movimiento en masa, tipo de roca, tipo de material, tipo de suelo, tipo e intensidad de erosión, notas, registro fotográfico y diagramas o esquemas.

Figura 8. Formato modificado para inventario de movimientos en masa. Vs 2012. Sección anterior

FORMATO MODIFICADO PARA INVENTARIO DE MOVIMIENTOS EN MASA Vs 2012													
Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas									IMPORTANCIA*				
									Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja <input type="checkbox"/>				
ENCUESTADOR*													
FECHA EVENTO*		FECHA REPORTE*		INSTITUCIÓN*									
LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA													
POR DIVISIÓN POLÍTICA		COORDENADAS GEOGRÁFICAS		REFERENTES GEOGRÁFICOS		PLANCHAS		DOCUMENTACIÓN					
Departamento*		Lat (QMS)*		PLANCHAS AÑO ESCALA EDITOR		Nº Vuelo		FOTOGRAFÍAS AERIAS					
Municipio*		Long (QMS)*				AÑO		Escala					
Vereda*		Altura*						EDITOR					
		Proyección: Magna*											
ACTIVIDAD DEL MOVIMIENTO				LITOLOGÍA Y ESTRUCTURA				ESTRUCTURA					
EDAD		ESTADO		DISTRIBUCIÓN		DESCRIPCIÓN		ESTRUCTURA					
<1 años <input type="checkbox"/> 21-30 años <input type="checkbox"/> 1-5 años <input type="checkbox"/> 31-40 años <input type="checkbox"/> 6-10 años <input type="checkbox"/> 41-50 años <input type="checkbox"/> 11-15 años <input type="checkbox"/> 61-80 años <input type="checkbox"/> 16-20 años <input type="checkbox"/> > 80 años <input type="checkbox"/>		Activo <input type="checkbox"/> Reactivado <input type="checkbox"/> Suspendido <input type="checkbox"/> INACTIVO <input type="checkbox"/> Latente <input type="checkbox"/> Abandonado <input type="checkbox"/> Estabilizado <input type="checkbox"/> Peligro <input type="checkbox"/>		Compuesto <input type="checkbox"/> Simple <input type="checkbox"/> Múltiple <input type="checkbox"/> Único <input type="checkbox"/>		Retrogrado <input type="checkbox"/> Avanzado <input type="checkbox"/> Enanchado <input type="checkbox"/> Confinado <input type="checkbox"/> Creciente <input type="checkbox"/> Decreciente <input type="checkbox"/> Móvil <input type="checkbox"/>		Estratificación <input type="checkbox"/> Foliación <input type="checkbox"/> Diaclasas <input type="checkbox"/> Falla <input type="checkbox"/> Discorsancia <input type="checkbox"/> Esquistosidad <input type="checkbox"/>		ORIENTACIÓN Planos de DR E2 >2 2-0.6 0.6-0.2 0.2-0.06 <0.06 ESPACIAMIENTO (m)			
Nota: Incluir mínimo origen de la roca, (L.M ó S) Edad, Fm, Litología y estratigrafía, suelos Nota: 01. Dirección de tratamiento, 02. Acumiento													
CLASIFICACIÓN DEL MOVIMIENTO													
TIPO MOVIMIENTO		SUBTIPO MOVIMIENTO				TIPO MATERIAL		HUMEDAD		PLASTICIDAD			
Caída <input type="checkbox"/> Volcamiento <input type="checkbox"/> Deslizamiento <input type="checkbox"/> Flujo <input type="checkbox"/> Propagación lateral <input type="checkbox"/> Reptación <input type="checkbox"/> Deform. Gravít. Profundas <input type="checkbox"/>		Caída de roca <input type="checkbox"/> Caída de detritos <input type="checkbox"/> Caída de tierras <input type="checkbox"/> Volcanc. friccional de roca <input type="checkbox"/> Volcanc. de roca <input type="checkbox"/> Volcanc. macizo rocoso <input type="checkbox"/> Desliz. rotacional <input type="checkbox"/> Desliz. traslacional <input type="checkbox"/> Desliz. en culla <input type="checkbox"/> Desliz. traslacional en culla <input type="checkbox"/> Volcanc. friccional de roca <input type="checkbox"/> Desliz. traslacional planar <input type="checkbox"/> Volcanc. de roca <input type="checkbox"/> Avalancha de rocas <input type="checkbox"/> Flujo de detritos <input type="checkbox"/> Flujo de lodo <input type="checkbox"/>				Roca <input type="checkbox"/> Detritos <input type="checkbox"/> Tierra <input type="checkbox"/> Lodos <input type="checkbox"/> Turba <input type="checkbox"/>		Mojado <input type="checkbox"/> Muy húmedo <input type="checkbox"/> Húmedo <input type="checkbox"/> Liger. húmedo <input type="checkbox"/> Seco <input type="checkbox"/>		Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja <input type="checkbox"/> No plástico <input type="checkbox"/>			
Nota: 1: Primer movimiento, 2: Segundo movimiento													
SISTEMA DE CLASIFICACIÓN*													
Residual <input type="checkbox"/> Sedimentario <input type="checkbox"/>		Aluvial <input type="checkbox"/> Eólico <input type="checkbox"/> Glacial <input type="checkbox"/>		Lacustre <input type="checkbox"/> Marino <input type="checkbox"/>		Estr. rápido (>5 m/a) <input type="checkbox"/> Moderado (>13 m/a) <input type="checkbox"/> Lento (>1.6 m/año) <input type="checkbox"/> Muy lento (>16 mm/año) <input type="checkbox"/>		Estr. Lento (<16 mm/año) <input type="checkbox"/>		Hutchinson, 1968 <input type="checkbox"/> Cruden y Varnes, 1966 <input type="checkbox"/> Varnes, 1978 <input type="checkbox"/> Hungr et al., 2001 <input type="checkbox"/>			
MORFOMETRÍA													
GENERAL		DIMENSIONES DEL TERRENO				DEFORMACIÓN TERRENO		GEOFORMA					
Diferencia de altura corona a punta (m) _____ Longitud horizontal corona a punta (m) _____ Faltaschung (grados) _____ Pendiente de ladera en Pie-falla (grados) _____ Pendiente de ladera en Pie-falla (grados) _____ Dirección del movimiento (grados) _____ Altimet. del talud (grados) _____		Ancho de la masa desplazada Wd (m) _____ Ancho de la superficie de ruptura Ws (m) _____ Longitud de la masa desplazada Ld (m) _____ Longitud de superficie de ruptura Lr (m) _____ Espesor de la masa desplazada De (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) _____		MOCO <input type="checkbox"/> Ondulación <input type="checkbox"/> Escalonamiento <input type="checkbox"/> SEVERIDAD <input type="checkbox"/> Leve <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Severa <input type="checkbox"/>					
CAUSAS DEL MOVIMIENTO													
INHERENTES			MOVIMIENTO TÉCNICO			CONTRIBUYENTES - DETONANTES							
Material plástico débil <input type="checkbox"/> Material fríasido y agrietado <input type="checkbox"/> Material sensible <input type="checkbox"/> Orientación desfav. de discontinuidades <input type="checkbox"/> Material cohesible <input type="checkbox"/> Contraste de permeabilidad de materiales <input type="checkbox"/> Material meteor. físicamente <input type="checkbox"/> Contraste de rigidez de materiales <input type="checkbox"/> Material meteor. químicamente <input type="checkbox"/> Meteoriz. por descongelamiento/deshielo <input type="checkbox"/> Material tallado por corte <input type="checkbox"/> Meteoriz. por expansión/contracción <input type="checkbox"/>			Sismo M _____ E _____ De _____ P _____ Erupción volcánica <input type="checkbox"/> Lluvias (mm) 24h _____ 48h _____ 72h _____ Mes _____ Viento <input type="checkbox"/> Deshielo <input type="checkbox"/> Anegua/retroceso de glaciares <input type="checkbox"/> Rompimiento de lagos en crateres <input type="checkbox"/> Rompimiento de presas <input type="checkbox"/>			Desemboque rápido de presas <input type="checkbox"/> Mantenimiento deficiente sistema de drenaje <input type="checkbox"/> Erosión pata del talud por glaciares <input type="checkbox"/> Escapes de agua de tuberías <input type="checkbox"/> Socavación pata del talud por corriente agua <input type="checkbox"/> Deforestación o ausencia de vegetación <input type="checkbox"/> Lluvias (mm) 24h _____ 48h _____ 72h _____ Mes _____ Socavación pata del talud por oleaje <input type="checkbox"/> Minería <input type="checkbox"/> Socavación de margenes de ríos <input type="checkbox"/> Disposición deficiente de estériles/escombros <input type="checkbox"/> Erosión Pluvial <input type="checkbox"/> Vibración artificial (trafico, explosiones, hincado pilotes) <input type="checkbox"/> Carga en la corona del talud <input type="checkbox"/> Erosión Fluvial <input type="checkbox"/> Erosión subterránea (disolución, tubificación) <input type="checkbox"/>							
Nota: 01. Corriente de agua, 02. Dirección, 03. Volumen, 04. Área, 05. Altura normalizada área del movimiento, 06. Magnitud, 07. Estado (M, M, M, M), 08. Dirección de pendiente (D, P, Profundidad) (D)													
TIPO DE EROSIÓN													
SUPERFICIAL		SUBSUPERFICIAL		EDAD		ESTADO		FLUVIAL		FOLICA			
Tierras malas <input type="checkbox"/> Carcavas <input type="checkbox"/> Surcos <input type="checkbox"/> Hondonadas <input type="checkbox"/>		Lambar <input type="checkbox"/> Cavernas <input type="checkbox"/> Tubificación <input type="checkbox"/>		Antigua <input type="checkbox"/> Reciente <input type="checkbox"/>		Baja <input type="checkbox"/> Moderada <input type="checkbox"/> Severa <input type="checkbox"/>		Socav. Fondo <input type="checkbox"/> Socav. lateral <input type="checkbox"/>		Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>			
COBERTURA Y USO DEL SUELO													
COBERTURA DEL SUELO				USO DEL SUELO				AUTOR		REFERENCIAS			
Veg. Herbáceas _____ % Cultivos _____ % Bosques/Selva _____ % Construcciones _____ % Montañas _____ % Pastos _____ % Cuerpo de agua _____ % Sin cobertura _____ %				Ganadería _____ % Área protegida _____ % Minería _____ % Vivienda _____ % Zona arqueológica _____ % Zona Industrial _____ % Sin uso _____ %				AÑO		TÍTULO		EDITOR	
								CIUDAD		PAGINAS			
LOS CAMPOS MARCADOS CON ASTERISCO (*) SON OBLIGATORIOS													

Fuente: SGC (2013).

Figura 10. Formato modificado para catálogo de movimiento en masa.

FORMATO MODIFICADO PARACATALOGO DE MOVIMIENTOS EN MASA														
Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas								IMPORTANCIA*						
		Alta <input type="checkbox"/>		Media <input type="checkbox"/>		Baja <input type="checkbox"/>								
DATOS DE REGISTRO														
ENCUESTADOR*		FECHA EVENTO*			FECHA REPORTE*			INSTITUCIÓN*						
		GO	MM	AA	DD	MM	AA							
LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA														
POR DIVISIÓN POLÍTICA				COORDENADAS GEOGRÁFICAS				REFERENTES GEOGRÁFICOS						
Departamento*		Sitio*		Lat (S/SN)*										
Municipio*		Long (E/O)*		Altura*										
Vereda*		Proyección Magna*												
CLASIFICACIÓN DEL MOVIMIENTO														
TIPO MOVIMIENTO		SUBTIPO MOVIMIENTO												
		1*		2		1*		2						
Caida	<input type="checkbox"/>	Caida de roca	<input type="checkbox"/>	Desliz. tradicional	<input type="checkbox"/>	Desliz. por flujo	<input type="checkbox"/>	Desliz. licuación detritos	<input type="checkbox"/>					
Volcánismo	<input type="checkbox"/>	Caida de detritos	<input type="checkbox"/>	Desliz. en cuña	<input type="checkbox"/>	Avalancha de detritos	<input type="checkbox"/>	Desliz. licuación roca fracturada	<input type="checkbox"/>					
Deslizamiento	<input type="checkbox"/>	Caida de tierras	<input type="checkbox"/>	Desliz. traslacional en cuña	<input type="checkbox"/>	Flujo de tierra	<input type="checkbox"/>	Propag. lateral lenta	<input type="checkbox"/>					
Flujo	<input type="checkbox"/>	Volcán. fisural de roca	<input type="checkbox"/>	Desliz. traslacional planar	<input type="checkbox"/>	Crecida de detritos	<input type="checkbox"/>	Propag. lateral licuación	<input type="checkbox"/>					
Propagación lateral	<input type="checkbox"/>	Volcán. de roca	<input type="checkbox"/>	Avalancha de rocas	<input type="checkbox"/>	Flujo de turba	<input type="checkbox"/>	Relajación de suelos	<input type="checkbox"/>					
Asustación	<input type="checkbox"/>	Volcán. modo rocoso	<input type="checkbox"/>	Flujo de detritos	<input type="checkbox"/>	Desliz. licuación de arena	<input type="checkbox"/>	Solidación	<input type="checkbox"/>					
Deform. Gravít. Profundas	<input type="checkbox"/>	Desliz. rotacional	<input type="checkbox"/>	Flujo de lodo	<input type="checkbox"/>	Desliz. licuación de lino	<input type="checkbox"/>	Geiflukin (en permafrost)	<input type="checkbox"/>					
NOTA: 1: Primer movimiento, 2: Segundo movimiento														
POBLACIÓN AFECTADA				DANOS										
Heridos _____ Vidas _____ Desaparecidos _____ Personas _____ Familias _____ TIPO DE DAÑO: Infraestructura: edificios, carreteras, inst. educativa, puentes, servicios públicos, vía férrea, torre conducción eléctrica, obras lineales, planta eléctrica, torre de energía, capa asfáltica, galpones, tanque almacenamiento, espolones, distrito riego, puentes peatonales, puentes veredales, acueducto. Económico: agricultura, ganadería, cultivos, semovientes, transporte pasajeros y carga. Ambientales: parques, bosques, planta tratamiento de agua.				TIPO		CANTIDAD		UNIDAD		TIPO DAÑO		VALOR (US\$)		
				I I I A								DL DM DS DT NC		
				I I I A								DL DMA DS DT NC		
				I I I A								DL DMA DS DT NC		
				I I I A								DL DMA DS DT NC		
				I I I A								DL DMA DS DT NC		
NOTA: I: Infraestructura, E: Económico, A: Ambientales, DL: Daño leve, DM: Daño moderado, DS: Daño severo, DT: Daño total, NC: No cuantificable														
NOTAS: (Por ejemplo causas y observaciones generales)														

Fuente: SGC (2013).

Figura 11. Tabla de Recolección de Datos de Morfometría para Cartografía Geomorfológica.

Tabla de Recolección de Datos de Morfometría para Cartografía Geomorfológica									
Fecha: D M A		Plancha: _____ Estación: _____			Cobertura del Suelo (%)		Uso del Suelo (%)		
Lugar		Posición Geográfica			Referente Geográfico:		Veg. Herbícea	Ganadería	
Departamento:	X: _____					Boque/Sebra	Agrícola	Z. Industrial	
Municipio:	Y: _____					Matorrales	Recreación		
Vereda:	Z: _____					Cuerpos de Agua	Vivienda	Sin Uto	
Sitio:	Proyección Magna: _____					Cultivos	Minería		
						Construcciones	Área Protegida		
						Pastos	Z. Arqueológica		
						Sin Cobertura			
Morfogénesis		Morfología - Morfometría							
Morfotectónica	Tipo de Relieve		Índice de Relieve		Inclinación de Ladera		Longitud de la ladera		Forma de la Ladera
Volcánico	Montuoso > de 400 m	Muy Bajo (< 50 m)	Piza a Surte (< 3°)		Muy Corta (< 50 m)		Rectilínea		
Dendrociónal	Colina 200 - 400 m	Bajo (50 - 250 m)	Inclinada (8° - 10°)		Corta (50 - 250 m)		Cóncava		
Pluvial - Deltico - Lagur	Loma 50 - 200 m	Moderado (250 - 500 m)	Muy inclinada (11° - 15°)		Moderadamente Larga (250 - 500 m)		Convexa		
Marino - Costero	Montículo < 50 m	Alto (500 - 1000 m)	Abrupta (16° - 20°)		Larga (500 - 1000 m)		Irregular		
Glaciar		Muy Alto (>1000 m)	Muy Abrupta (21° - 30°)		Muy Larga (1000 - 2500 m)		Compleja		
Eólico			Escarpada (31° - 43°)		Extremadamente Larga (> 2500 m)				
Kárstico			Muy Escarpada (> 43°)						
Antropogénico / Biológico									
Características de Drenaje									
Forma de Canal		Densidad de Drenaje		Frecuencia de Drenaje		Textura de Drenaje		Patrón de Drenaje	
En U Abierto	Baja (<0,5 Km/Km ²)	Muy Alta (> 40)	Gruesa		Detritico		Igneas Acida		
En U Cerrado	Moderada (0,5 - 1,0)	Alta (20 - 40)	Mediana		Subdetritico		Igneas Intermedia		
En V Abierto	Alta (> 1,0)	Media (10 - 20)	Fina		Paralelo		Igneas Basica		
En V Cerrado		Baja (5 - 10)	Muy Fina		Subparalelo		Igneas Ultrabásica		
		Muy Baja (> 5)			Pinado		Volcánica Piroclástica		
					Rectangular		Sedimentaria Cementada		
					Radial		Sedimentaria Consolidada		
					Anular		Sedimentaria Química		
					Multicuenca		Metamórfica Masiva		
					Contorsionado		Metamórfica Bandada		
					Otro:		Metamórfica Bien Polida		
Grado de Meteorización		Movimiento en Masa							
Presca	Tipo de Movimiento		Tipo de Material		Estado				
Meteorización Débil	Caída		Roca		Activo				
Meteorización Moderada	Volcamiento		Detritos		Inactivo				
Meteorización Alta	Deslizamiento Rotacional		Suelo		Suspendido				
Descompuesta	Deslizamiento Translacional		Lodos		Reactivo				
	Reptación		Turba						
	Flujos								
	Propagación Lateral								
	Avalancha								
	Compuesto o Múltiple								
Tipo de Suelo		Tipo de Erosión		Espaciamiento de Canales (m)		Notas:		Fotos:	
Aluvial	Laminar		< 5						
Lagunar	Surcos		3 - 15						
Deltico	Barrancos		15 - 50						
Eólico	Cárceras		50 - 150						
Glaciar	Socarración		150 - 500						
Volcánico	Trazas Mulas		> 500						
Residual	Terrazetas				Intensidad de Erosión				
Cohesiva	Eólica		Suave		Moderada				
Flujo de Lodo	Glaciar		Moderada		Severa				
Talus	Cárcera								
Bloques	Mazina								
Conos de Deyección									
Otro:									

Fuente: UIS (2013).

3. GENERALIDADES DEL ÁREA DE ESTUDIO

El presente capítulo exhibe las generalidades del área de estudio donde se realizó la presente pasantía de investigación. La zona de interés será descrita, caracterizada y clasificada según diferentes parámetros, los cuales generan una determinada configuración, propia para esta área y la cual es expresada en términos físicos, geográficos, geológicos, estratigráficos, atmosféricos y climatológicos.

Para tal fin, se procede, a describir el área de trabajo de acuerdo a, el medio físico, las características geológicas generales y finalmente, las condiciones climatológicas que imperan en la zona.

3.1. MEDIO FISICO

El medio físico hace referencia al medio circundante de determina área, la cual incluye aspectos como la geografía, la topografía, los cuerpos de agua presentes (hidrografía), las rutas, carreteras y vías de comunicación, así como la población existente en la zona.

La zona de estudio está localizada sobre la Cordillera Oriental, ubicada en la Sierra Nevada del Cocuy, exactamente en donde esta última, cambia su dirección de NNE a NNW, razón por la cual se constituye en una zona caracterizada por poseer un relieve muy abrupto y una topografía muy montañosa. El punto más alto lo constituye el Nevado Ritacuba Blanco (5.490 m.s.n.m.), ubicado sobre la Sierra nevada del Cocuy, convirtiéndose en el punto más alto de la Cordillera Oriental

(Fabre, A., 1981), mientras su punto más bajo corresponde a las terrazas del río Casanare (aproximadamente 1000 m.s.n.m.), ubicado en el sector sur-oriental del área de trabajo. (Fabre, A., 1983a).

3.1.1. Hidrografía. Debido a su ubicación geográfica, la zona de interés posee una gran riqueza hídrica, siendo la Sierra nevada del Cocuy, el lugar de nacimientos de drenajes, corrientes, quebradas, y grandes ríos, de importancia, tanto local como regional, convirtiéndose así, en divisoria de aguas, entre aquellos cursos que drenan al oriente, en la vertiente del Orinoco y aquellos que drenan sus aguas hacia el occidente, en la vertiente del río Magdalena.

Los cursos de agua más importantes del sector, pertenecientes a la plancha 137 son el río Cobaría, el río Bachira, y río Cobugón, en la vertiente oriental, mientras que los drenajes como el río Nevado, río Cóncavo, río Chiscano, y el río Casiano corresponden a la vertiente occidental (Fabre, A., 1981). Para la plancha 153, los ríos Playón, Negro, Mortiñal y el río Casanare drenan hacia la vertiente oriental, mientras que los drenajes pertenecientes a la vertiente occidental corresponden al río Pantano Grande, el río Loblanco y el río Chitano. (Fabre, A., 1983a).

También se destacan numerosos pero pequeños lagos y lagunas de origen glaciario en la zona, localizados, principalmente, hacia el sector de la Sierra Nevada del Cocuy.

3.1.2. Vías de acceso. La red vial se localiza principalmente en la parte occidental y suroriental del área de estudio (debido a la presencia de la Sierra Nevada del Cocuy y del Parque Nacional Natural del Cocuy en el margen oriental), en donde las cabeceras municipales presentes en cada plancha se comunican entre ellas por vías principales, así como también, facilitan el acceso desde la zona de interés hasta algunas provincias de algunos departamentos; como por ejemplo, con la

provincia Norte, mediante la vía La Uvita – Boavita y la provincia Valderrama por la carretera Chita – Jericó – Socotá. Ambas provincias en el departamento de Boyacá; con la provincia García Rovira, en el departamento de Santander, mediante la vía El Espino – Maracavita; y con el departamento de Casanare (por la carretera Sacamá- Hato Corozal.

Todas estas vías de comunicación se encuentran en un estado de regulares a malas, parcialmente pavimentadas y solo son transitables en tiempo seco. Adicionalmente existen vías secundarias que son de comunicación interveredal, así como caminos y senderos, distribuidos heterogéneamente en toda el área.

3.1.3. Población. En la región de estudio, la distribución de la población es poco uniforme debido a la morfología presente en ella. Por encima de los 3.600 m.s.n.m., es difícil encontrar centros habitados en la región de la Sierra Nevada del Cocuy, solo se presentan algunas viviendas de tipo rural, muchas de las cuales se encuentran abandonadas. (Fabre, A., 1981).

La población de la zona de interés, es esencialmente rural y se dedica a la ganadería (bovina principalmente, pero también existe la ganadería equina y ovina) y a la agricultura (con cultivos principalmente de maíz, papa, café y tomate entre otros).

Para la plancha 137, el mayor centro poblado lo constituye el municipio de Guicán con 7869 habitantes (Alcaldía de Guicán, Boyacá), mientras para la plancha 153, corresponde al municipio de Chita con 10048 habitantes (Alcaldía de Chita, Boyacá). Se destaca la presencia de la comunidad indígena de los Tunebos en la región del río Cobaría (Fabre, A., 1981) y hacia el costado oriental del municipio de Sacamá. (Fabre, A., 1983a).

3.2. CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS GENERALES

El relieve presente en la zona, montañosa en su mayoría, refleja la interacción entre las fuerzas que deformaron y levantaron la serie sedimentaria de la Cordillera oriental, y la erosión de tipo glaciar y fluvio-glaciar, principalmente, que afectaron el material rocoso. Mientras las partes más altas, de relieves escarpados se constituyen de formaciones arenosas correspondientes al Cretáceo inferior y el Paleógeno, las partes topográficas más suaves, están formadas por los sedimentos más finos y blandos del Cretáceo superior o por depósitos cuaternarios. (Fabre, A., 1981).

Los mapas geológicos a escala 1:100.000 de las planchas 137, El Cocuy, y 153, Chita, se pueden observar en el anexo A en el anexo B, respectivamente.

Se procederá a caracterizar y describir la zona de estudio, de acuerdo a su estratigrafía y la geología estructural que esta presenta.

3.2.1. Estratigrafía. El área de interés consta en su totalidad de una secuencia estratigráfica sedimentaria con un espesor que sobrepasa los 7000 metros, de edades, que varían desde el Cretácico inferior hasta el Paleógeno, así como diferentes tipos de depósitos (glaciares y fluvio-glaciares) de edades cuaternarias, los cuales se encuentran rellenando antiguas lagunas glaciares, principalmente hacia el área de la Sierra Nevada del Cocuy. También se encuentra un cuerpo intrusivo localizado en el sector sureste de la zona de estudio.

3.2.1.1. Cretáceo inferior. Las formaciones pertenecientes a esta edad están caracterizadas por bancos gruesos de arenas, cuarcíticas, de grano fino a grueso, con intercalaciones de lodolitas oscuras micáceas. (Fabre, A., 1981). Todos los

contactos entre las formaciones son concordantes, y la sedimentación parece no haberse interrumpido de forma notoria. (Fabre, A., *et al*, 1985).

- Formación Río Negro o Caqueza (Kirn):

La formación Río Negro está formado por areniscas, cuarcíticas, mal calibradas de grano anguloso fino a grueso con estratificación cruzada, intercaladas con lodolitas oscuras o verdosas, junto a lentes de conglomerados oligomícticos y algunas capas de lodolitas grises, calcáreas y yesíferas. (Fabre, A., 1981).

En la plancha 153, Chita, la parte superior de este grupo fue cartografiada como Formación Areniscas de las Juntas, mientras los miembros intermedio e inferior se cartografiaron como Formación Lutitas de Macanal; descritas a continuación.

- Formación Lutitas de Macanal:

La formación Lutitas de Macanal se compone principalmente por lodolitas y areniscas finas lodosas. Mientras la base de la formación no aflora en esta plancha, la parte superior se compone de arcillolitas grises rica en amonites. (Fabre, A., *et al.*, 1983b).

- Formación Areniscas de las Juntas (Kialj):

La parte inferior de la formación Areniscas de las Juntas, está compuesta por bancos de areniscas cuarcíticas, de grano grueso, de cemento silíceo, y con conglomerados monogénicos en estratificación cruzada, de gran escala de tipo planar paralela. La parte superior corresponde a bancos muy gruesos de areniscas de grano grueso a medio, ligeramente conglomeráticas con intercalaciones de sedimentos más finos, como lodolitas compactas, shales lodosos y areniscas de grano fino, de color oscuro o negro, con moscovita. En estos niveles hay presencia de restos de plantas (helechos, tallos y plantas) (Fabre, A., 1983 a).

- Formación Tibú – Meredes o Apón (Kitm):

Los sedimentos de esta formación fueron divididos en 4 segmentos (F1 a F4). El segmento inferior se constituye por varios bancos de calizas biodetríticas, fosilíferas, un poco arenosas de color gris oscuro e intercalaciones de lodolitas oscuras. El segmento F2 está formado, principalmente por shale lodoso, negro o rojo, en gruesos bancos, intercalada por delgadas capas de areniscas cuarcíticas de grano fino, generalmente micáceas. Hacia la parte superior, miembro F3, se destaca unos bancos de arenisca blancas cuarcíticas de grano medio a microconglomerático, con cemento siliceo, intercaladas entre bancos de shales lodosas oscuras y de areniscas de grano fino, con presencia de nódulos piritosos, en algunas ocasiones. La parte superior se destaca por presentar calizas biodetríticas, fosilíferas, muy macizas con intercalaciones de shale lodoso, oscuro y bancos de areniscas cuarcíticas de grano medio a fino, con estructuras entrecruzadas. (Fabre, A., 1981).

- Formación Aguardiente o Une (Kia):

La parte inferior de la formación está constituida por areniscas claras, cuarcíticas de grano medio a microconglomerático con estructuras entrecruzadas planas unidireccionales, con intercalaciones delgadas de shales negros, carbonosos y micáceas. La parte intermedia está formada por areniscas cuarcíticas, claras, con intercalaciones de lodolitas negras micáceas y areniscas finas oscuras, mientras el miembro superior de esta formación se caracteriza por representar un nivel más blando, formado por areniscas de grano fino a medio con delgadas intercalaciones de shales limoso oscuros. (Fabre, A., 1981).

3.2.1.2. Cretáceo superior. Las unidades litológicas del Cretáceo inferior contrastan con las unidades del Cretáceo superior por estar constituidas principalmente por sedimentos detríticos finos y depósitos bio y ortoquímicos

(shales lodosos, calizas y chert) y por algunos niveles de arenisca que varían su tamaño de grano de medio a grueso. (Fabre, A., 1981).

- Formación Chipaque o Capacho (Ksc):

Esta formación, en su segmento inferior, se compone de shales lodosos color negro, con intercalaciones de areniscas muy finas, con escasos niveles de calizas arenosas con presencia de lamelibranquios y algunos pocos amonites. El miembro central está formado por bancos de calizas arenosas y lumaquéticas, shales lodosos y de arenisca de grano fino, mientras el tope de la formación consiste principalmente en shales lodosos negros, en las cuales sobresalen capas de areniscas de grano muy fino, generalmente calcáreas. (Fabre, A., 1983a).

- Intrusión de Rodrigoque (Kmg):

Corresponde a una roca muy dura, de color verde oscuro, definida como un microgabro con hornblenda, plagioclasa y biotita, a veces mineralizada con pirita y generalmente alterada por procesos hidrotermales. (Fabre, A., 1983a).

- Formación La Luna (Ksl):

En el miembro inferior se hallan calizas, porcelanitas y shales lodosos, junto a unos nódulos de caliza de tamaño muy grande, que contiene a veces pirita. La parte central contiene shales lodosos, limolitas y areniscas de grano muy fino, que pasan progresivamente a un conjunto de areniscas de grano fino en bancos macizos. El miembro superior se compone de una secuencia monótona de calizas negras lodosas, laminadas, ricas en materia orgánica y en arcilla, en las cuales abundan los foraminíferos. (Fabre, A., 1983a).

- Formación Colon – Mito- Juan (Kscm):

La formación se dividió en cuatro miembros (J1 a J4). El miembro inferior de la formación se compone de shales oscuro con intercalaciones de bancos de

areniscas cuarcíticas, oscuras, de grano fino, a veces calcáreas y bancos de calizas arenosas a menudo fosilíferas. El miembro superior a este último, J2 se caracteriza por estar casi formado en su totalidad por lodolitas negras un poco ferruginosas. El segmento J3 está constituido por bancos macizos de areniscas de grano fino, cuarcíticas de color claro con delgadas intercalaciones de lodolitas oscuros y areniscas finas. En la parte superior de la formación se hallan shale limosos negros con intercalaciones en bancos delgados de areniscas finas. (Fabre, A., 1981).

Esta formación se correlaciona con otras unidades litológicas: El miembro J1 (por parte) y J2 corresponden a la Formación Los Pinos, el miembro J3 a la Formación Arenisca Tierna, y el miembro J4 con la Formación Guaduas. (Fabre, A., 1981).

Esta formación, Colón – Mito – Juan no aflora en la plancha 153, Chita, pero si las tres unidades correlacionables con ella (Formación Los Pinos, Formación Arenisca Tierna y Formación Guaduas), debido a que el conjunto arenoso de la Arenisca Tierna desaparece progresivamente hacia el norte, lo cual justifica este cambio de nomenclatura. Mientras tanto en la plancha 137, El Cocuy, la Formación Colón – Mito – Juan, y sus 3 formaciones correlacionables afloran en este sector. (Fabre, A., 1981).

3.2.1.3. Paleógeno: Los sedimentos de este periodo son principalmente de origen detrítico, constituidos de areniscas de grano fino a grueso, conglomerados, shales limosos, y algunas capas de carbón. (Fabre, A., 1981).

- Formación Barco (Tpb):

La formación Barco está compuesta principalmente de areniscas cuarcíticas, de grano medio a grueso, con delgadas intercalaciones de areniscas finas y lodolitas de color oscuro. Mientras en la parte inferior de la formación, la estratificación se

hace más delgada y el grano es más fino, en el tope los bancos son menos espesos y las intercalaciones de lodolitas y de areniscas finas son más abundantes. Esta formación se correlaciona litológicamente con la formación Areniscas de Socha (Tpars), también aflorante en la zona de interés. (Fabre, A., 1981).

- Formación Los Cuervos (Tpic):

La mayor parte de la formación Los Cuervos está compuesta principalmente por shale lodosas negras u oscuras, a veces carbonosas separadas por conjuntos arenosos con estratificación delgada. Hacia la base de la formación, estos shales oscuros contienen algunas capas o lentes de carbón separadas por bancos de shale y areniscas. La parte superior corresponde a shale arcillosas y limosas de color verde, amarillo, rojo o morado, con intercalaciones de limolitas y areniscas muy subordinadas. Esta formación se encuentra correlacionada litológicamente y palinológicamente con la formación Arcillas de Socha (Tpas), la cual también aflora en el área de estudio. (Fabre, A., 1981).

- Formación Mirador (Tem):

Se constituye principalmente por areniscas claras, líticas, de grano fino a medio y conglomerados polimícticos, con algunas intercalaciones delgadas de arcillolitas y limolitas verdosas. Esta formación se correlaciona litológicamente con la formación Picacho (Tep), también aflorante en la zona de interés (Fabre, A., 1981).

- Formación Carbonera o Concentración (Teco):

Está formada principalmente por shale limosas arcillosas y carbonosas con presencia de algunos bancos de arenisca cuarcíticas de grano fino. Mientras hacia la base las shales son arcillosas y de color verde, rojo o amarillo, con delgadas intercalaciones de areniscas cuarcíticas de grano fino, en la parte media y superior

estas shale son limosas, carbonosas y de color negro con estratificación ondulada. (Fabre, A. 1981).

3.2.1.4. Depósitos cuaternarios: En el área de interés se presentan los siguientes depósitos cuaternarios: Las morrenas recientes (Qmr), morrenas antiguas (Qma), los depósitos glaciares sin diferenciar (Qgl), depósitos fluvioglaciares (Qfg), las terrazas antiguas (Qt – Qt1 – Qt2), coluviones (Qc), aluviones (Qal) y glaciares (H) (Fabre, A., 1981).

- Morrenas recientes (Qmr):

Formada por cordones de morrenas bien nítidos, situados a grande alturas (situados entre 4300 y 4500 metros el nivel del mar), casi no disectadas por erosión, sin cobertura vegetal y de color muy claro (Fabre, A., 1983a).

- Morrenas antiguas (Qma):

Estas morrenas antiguas que forman numerosos cordones, se extienden entre el límite de las morrenas recientes y una altura de 3000 metros aproximadamente, se caracterizan por estar parcial o completamente cubiertas por vegetación y se evidencian en ellas rasgos de erosión más acentuados que en las morrenas recientes. (Fabre, A. 1981.)

- Depósitos glaciares sin diferenciar (Qgl)

Estos depósitos representan depósitos glaciares sin formas determinadas. Corresponden a morrenas de fondo, morrenas laterales y frontales completamente destruidas. (Fabre, A., 1981).

- Depósitos fluvioglaciares (Qfg)

Dentro de estos depósitos se cuentan aquellos que rellenan el fondo de los valles o los rellenos de lagunas. Los primeros están constituidos por cantos redondeados

de areniscas, arenas, limos y arcillas que provienen de la destrucción de las diferentes formaciones del Cretácico y Paleógeno, así como de la erosión y redepositación de los depósitos de origen glaciar. Los segundos se constituyen de material más fino y caracterizado por arenas, lodos y materia orgánica (Fabre, A., 1981).

- Terrazas (Qt - Qt1 - Qt2):

Están constituidas por bloques gravas y arenas y en menor proporción, arcillas, que provienen principalmente de las formaciones arenosas del Cretáceo inferior. Qt2 es más reciente que Qt1 (Fabre, A., 1983a).

- Coluviones (Qc)

Bajo este nombre se enmarcan aquellas áreas donde ocurrieron en el pasado o actualmente ocurren procesos de movimientos en masa. (Fabre, A., 1981).

- Aluvión (Qal)

Material depositado por las diferentes corrientes de agua que se encuentran en la zona, con diferentes tamaños, formas y composiciones. (Fabre, A., 1981). En el área de interés, no se realiza un estudio detallado de los diferentes depósitos aluviales que la componen.

- Glaciares (H):

A alturas superiores de 4.500 m.s.n.m. las cumbres de la Sierra Nevada del Cocuy están cubiertas, casi en su totalidad por nieves perpetuas. (Fabre, A., 1981).

3.2.2. Geología Estructural. Localizada sobre el costado nororiental de la Cordillera oriental, sobre la Sierra Nevada El Cocuy, la zona de estudio está enmarcada dentro del borde oriental del Macizo de Santander en su parte más

occidental y la Cuenca del Cocuy, localizada en el centro y el oriente de la plancha.

Estas diferencias hacen suponer estilos estructurales variables entre estos bloques, uno presentado hacia el borde oriental (Sierra Nevada El Cocuy) y en donde el espesor de la secuencia sedimentaria es mayor, generando que las deformaciones que afectan a las unidades geológicas sean menos acentuadas. Caso contrario se evidencia hacia el sector occidental (borde oriental del Macizo de Santander), en donde las deformaciones que se presentan, son más acentuadas debido a que el espesor de la secuencia sedimentaria es menor. (Fabre, A., et al., 1983b).

Según lo anterior, al oeste de la Falla de Chiscas, en el Macizo de Santander, se presentan numerosos pliegues, los cuales son estrechos, replegados y poco continuos, debido a procesos de fallamiento intenso, las cuales desplazan, a menudo, los ejes de dichos pliegues (movimientos de rumbo o verticales), evidenciando un marcado control tectónico. Por el contrario, al oriente de la falla de Chiscas, se observan estructuras sinclinales amplias y extensas, como por ejemplo el sinclinal de Las Mercedes y el sinclinal del río Playón, separadas entre sí por estructuras anticlinales, las cuales son estrechos, fallados y replegadas. (Fabre, A., *et al*, 1985).

Para la plancha 137, El Cocuy, los rasgos estructurales corresponden a pliegues de tipo sinclinales y anticlinales, cuyos ejes presentan una dirección que varía entre N30W al occidente y N – S al oriente de la plancha, y los cuales se encuentran afectados por fallas regionales de tipo inversas, de orientaciones NNW – SSE o N – S, es decir sub – paralelas a los pliegues. (Fabre, A., *et al*, 1985).

Entre tanto, para la plancha 153, Chita los principales pliegues son amplios y bastante continuos hacía el bloque de la Sierra Nevada del Cocuy (como el sinclinal de Uruguay), sin embargo en el bloque occidental se presentan anticlinales y sinclinales menores, generalmente fallados (como el sinclinal de Rechiniga). Estos pliegues son ligeramente asimétricos, con vergencia al este, y sus ejes siguen una dirección de NNE-SSW a N-S. Entre tanto, las fallas, generalmente inversas, poseen direcciones NNE – SSW o N – S, es decir, se presentan de forma sub – paralelas a los pliegues. (Fabre, A., et al., 1983b).

Se realiza una breve descripción de las principales estructuras, pliegues y fallas, presentes en el área de estudio.

- Anticlinal de Guicán: Es relativamente simétrico y muestra un cabeceo de 25° hacia el NNW; su eje se encuentra desplazado de manera sinistral debido a la falla Río Nevado. (Fabre, A., 1981).
- Sinclinal de Las Mercedes: Es una estructura asimétrica, de vergencia occidental, cuyo eje presenta un cabeceo entre 20° y 30° hacia el NNW. Este eje junto a su flanco occidental están desplazados por acción de la falla Rio Casiano –Quebrada el Carbón. (Fabre, A., 1981).
- Zona Monoclinal de la Sierra Nevada del Cocuy: Esta caracterizada por una serie buzando uniformemente hacia el Oeste. La cadena occidental de la Sierra buza entre 10° y 30°, mientras la cadena oriental se encuentra inclinada unos 55° en la misma dirección. (Fabre, A., 1981).
- Sinclinal de Blanquiscal: Posee una dirección N – S, caracterizado por su flanco oriental ancho, mientras que su flanco occidental se encuentra cortado y replegado por la falla Hermoso – Ratoncito. (Fabre, A., 1981).

- Anticlinal del Río Sinsiga: De dirección N10W, esta estructura se encuentra muy replegada en su parte central y se extiende hacia el SSE a la plancha 138, Tame. (Fabre, A., 1981).
- Falla del Río Nevado – Río Cóncavo: Presenta un desplazamiento de tipo sinestral, deformando el anticlinal de Guicán. (Fabre, A., 1981)
- Falla de Huecas y Falla del río Pantano Grande: Presentan trazos muy rectos, probablemente subverticales, de dirección N – NW. Pone en contacto formaciones del Terciario inferior en los compartimientos oeste, con rocas del cretáceo en los compartimientos orientales. (Fabre, A. 1983a).
- Falla Río Casiano – Quebrada El Carbón: Falla de dirección N70W, el desplazamiento es a la vez vertical, con el compartimiento sur hundido y de rumbo con un movimiento sinestral. (Fabre, A., 1981).
- Falla del río Cobugón: Falla de tipo regional de dirección N50°E, siendo posiblemente una zona de falla más que una falla sencilla, incluyendo varias fallas dentro de esta (Falla de La Laguna Grande de los Verdes, Falla del Páramo de Romeral y la falla del río Royota.) (Fabre, A., 1981).
- Falla de Sacamá - Gibraltar: De dirección N-S a NNE, la cual corresponde a una falla inversa que buza hacia el oeste, levantando el bloque occidental en relación al bloque oriental. Al este de esta falla la serie es completamente arenosa, mientras al oeste la granulometría es más fina, constituida por la Formación Lutitas de Macanal. Esta falla divide el bloque de la Sierra en dos. (Fabre, A. 1983a).

- Falla de la Quebrada Campo Hermoso – Rio Ratoncito – Quebrada Burros Blancos: Falla de importancia regional, posiblemente una falla inversa buzando hacia el Oeste. (Fabre, A., 1981).
- Falla de Chiscas: Corresponde a un sistema de fallas regional (Sistemas de fallas de Chiscas) que atraviesa las dos planchas (137 y 153), con trazos de direcciones N-S, con planos verticales las cuales dislocan estructuras apretadas. (Fabre, A. 1983a).

3.3. CARACTERÍSTICAS CLIMATOLÓGICAS GENERALES DE LA ZONA DE ESTUDIO

El clima se define como el conjunto de condiciones atmosféricas fluctuantes, caracterizadas por cambios en los estados del tiempo en un área determinada y durante un periodo de tiempo específico, y controladas por los denominados factores forzantes, factores determinantes y por la interacción de los diferentes componente del denominado sistema climático (atmosfera, hidrosfera, litosfera, criósfera, biosfera y antropósfera) (IDEAM, 2005)

Según lo anterior, las condiciones climáticas se encuentran en una estrecha relación con respecto al medio circundante en donde estas se presentan, debido a que limitan la cobertura y el uso del suelo, restringen algunas actividades antropógenicas como el establecimiento de centros poblados en determinadas áreas y el desarrollo de algunas actividades económicas como la ganadería y la agricultura.

Debido a la ubicación del área de interés, sobre la Sierra Nevada del Cocuy, en la zona predomina un clima frío de paramo con diferencias topografías bastante



marcadas, abarcando alturas que varían desde los 5000 metros sobre el nivel del mar, representado por el Nevado Ritacuba Blanco, sobre la cadena montañosa de la Sierra Nevada del Cocuy, hasta alturas menores a 1000 metros sobre el nivel del mar, localizados en los márgenes del río Casanare. Lo anterior hace suponer, condiciones climáticas variadas a lo largo de toda el área.

En la zona de interés predomina una temperatura media mensual medida con termómetro seco que oscila entre 4°C y 7°C y entre los 11°C y los 13°C, según los datos de las estaciones pluviométricas del HIMAT, localizadas en la Sierra Nevada del Cocuy ubicada a 3.845 m.s.n.m. y de la estación Chita, localizada a 3005 m.s.n.m., respectivamente. Según estas dos estaciones y aquella, ubicada en el municipio del Cocuy (a 2749 m.s.n.m.), en la zona se registran dos periodos anuales, de Abril a Julio y de Septiembre a Noviembre, los cuales corresponden a los meses más lluviosos (con una precipitación promedio mayor a 75 mm mensuales), mientras los dos primeros meses del año se presentan, no solo como los más secos (precipitación promedio menor a 45 mm mensuales), sino también como aquellos con las temperaturas más bajas. (Fabre, A., 1981).

4. ANTECEDENTES

Colombia, debido a sus variables condiciones climáticas, la cobertura vegetal presente y el inadecuado uso del suelo (debido al desarrollo de algunas actividades económicas como la ganadería y la agricultura en zonas no aptas para determinado fin), junto a otros factores como la configuración geológica y las características geomorfológicas propias del territorio nacional, convierten a algunas zonas del país en áreas propensas a presentar procesos de movimientos en masa.

Es por ello que, la información recopilada sobre la configuración actual del paisaje, sus orígenes, los procesos que afectaron en el pasado y aquellos agentes que hoy día se presentan sobre la superficie terrestre, y que son los responsables de los cambios y/o modificaciones de las diferentes expresiones o formas del paisaje, constituye desde el punto de vista organizacional, un gran aporte para el desarrollo de determinada región o provincia, en cuanto a lo referente a toma de decisiones y el desarrollo de diferentes tipos de proyectos.

Se observa, según lo anterior, la importancia de la información sobre la caracterización geomorfológica de determinada área; sin embargo, muchas veces, los datos existentes para el área de trabajo, se encuentran incompletos, fragmentados y en algunos casos, no existe información de determinado sector en el área de interés, o la información presente no es representativa para el área de estudio, ni para la escala utilizada en esta pasantía de investigación (1:100.000).

Se presenta, a continuación, la información existente y los datos reportados sobre la zona de trabajo, acerca de la caracterización morfogenética y morfodinámica, los cuales se hallan, principalmente en los registros existentes en las diferentes



bases de datos o en las plataformas diseñadas para el registro de dicha información, así como en documentos realizados por las corporaciones autónomas regionales y en las entidades de planeación municipales como los esquemas de ordenamiento territorial (EOT) y los planes de ordenamiento territorial (POT).

4.1 SISTEMA DE INFORMACIÓN DE MOVIMIENTOS EN MASA (SIMMA)

El Sistema de Información de Movimientos en Masa (SIMMA) corresponde a una plataforma de registro, en donde se compila información en lo referente a los procesos que actualmente están afectando las diferentes geoformas existentes y modificando la superficie terrestre, es decir, en este sistema se presenta la caracterización del atributo morfodinámico, en lo referente a los procesos de movimientos en masa. Esta plataforma corresponde a la base de datos del Servicio Geológico Colombiano, en su página web (www.sgc.gov.co), en donde se recopila, describe y caracteriza los movimientos en masa registrados en Colombia.

Para la zona de interés, y en fechas anteriores al trabajo realizado en campo, el Sistema de Información de Movimientos en Masa (SIMMA), reportaba en su base de datos, 52 registros, correspondiente al catálogo histórico e inventario de movimiento en masa, en donde cada registro representa un proceso de estos, diferenciando cada uno de ellos por un código específico para cada movimiento en masa registrado en el área de trabajo. De estos 52 registros, 35 de ellos, estaban localizados sobre la plancha 137, El Cocuy, y otros 17 tantos se ubicaban en la plancha 153, Chita. En la tabla 6 y 7 se puede observar esta información.

Tabla 6. Eventos de movimientos en masa reportados para la plancha 137, El Cocuy, por el Sistema de Información de Movimientos en masa (SIMMA).

N°	EVENTO	MUNICIPIO	LATITUD	LONGITUD	CODIGO
1	14/12/1935	CHISCAS	6,564063688	-72,48946995	10602
2	21/11/1938	CHISCAS	6,55785489	-72,49884663	11394
3	07/11/1944	CHISCAS	6,545373252	-72,49732641	11285
4	11/11/1982	CHISCAS	6,553936249	-72,492621	02528
5	11/11/1982	CHISCAS	6,562545931	-72,50273067	02989
6	08/05/1984	CHISCAS	6,555539978	-72,50665142	04243
7	08/05/1984	CHISCAS	6,544613033	-72,50356666	07023
8	17/11/1988	CHISCAS	6,592825826	-72,46130585	07024
9	27/11/1988	CHISCAS	6,72	-72,37916667	19969
10	18/10/1990	CHISCAS	6,546861206	-72,47470953	07025
11	15/03/1994	CHISCAS	6,722222222	-72,37916667	19970
12	04/05/1998	CHISCAS	6,550471129	-72,38659015	07026
13	08/05/1998	CHISCAS	6,738611111	-72,38	19971
14	08/05/1998	CHISCAS	6,55631	-72,50353	09731
15	08/05/1998	CHISCAS	6,584353125	-72,4940843	07027
16	22/02/1999	CHISCAS	6,721944444	-72,37722222	19972
17	22/02/1999	CHISCAS	6,553055556	-72,49972222	15559
18	05/04/1999	EL COCUY	6,415354413	-72,4466805	03328
19	05/04/1999	EL COCUY	6,417566056	-72,44439511	07049
20	05/04/1999	EL COCUY	6,408055556	-72,44527778	15566
21	01/01/2000	EL ESPINO	6,494821192	-72,48467761	11393
22	01/01/2002	EL ESPINO	6,485461232	-72,48392739	11284
23	05/08/2004	EL ESPINO	6,493288508	-72,49325857	02213
24	08/11/2004	EL ESPINO	6,483153597	-72,49406987	7050
25	10/11/2004	EL ESPINO	6,48706474	-72,49795588	7051
26	24/10/2005	EL ESPINO	6,510277778	-72,48388889	19977
27	24/10/2005	EL ESPINO	6,486280082	-72,49639904	04675
28	16/02/2006	EL ESPINO	6,482390807	-72,4995297	7052
29	16/02/2006	EL ESPINO	6,489404133	-72,49794859	7053
30	12/06/2007	EL ESPINO	6,484703442	-72,49094649	7054
31	03/06/2008	EL ESPINO	6,490325	-72,51408889	0101
32	10/11/2010	GUACAMAYAS	6,464015114	-72,49965757	7061
33	14/12/2010	GUACAMAYAS	6,460910398	-72,50434482	7062
34	31/12/2010	GUACAMAYAS	6,449990777	-72,50359894	7063
35	24/04/2012	GUACAMAYAS	6,452306042	-72,49579589	7064

Fuente: Autor

Tabla 7. Eventos de movimientos en masa reportados para la plancha 153, Chita, por el Sistema de Información de Movimientos en masa (SIMMA).

Nº	EVENTO	MUNICIPIO	LATITUD	LONGITUD	CODIGO
1	22/05/1944	CHITA	6,19423663	-72,4736991	11158
2	15/08/1944	CHITA	6,18722786	-72,4768369	11136
3	15/09/1944	CHITA	6,18721139	-72,4713827	12336
4	09/01/1980	CHITA	6,17785854	-72,4729693	02239
5	21/10/1986	CHITA	6,2152508	-72,4603887	03932
6	22/11/1988	CHITA	6,19887041	-72,4588803	05436
7	08/07/1996	CHITA	6,18954134	-72,4682589	07032
8	15/08/2000	CHITA	6,18715689	-72,4534618	05513
9	15/08/2000	CHITA	6,19429517	-72,4931788	07033
10	03/11/2000	CHITA	6,16621059	-72,4893666	07034
11	03/11/2000	CHITA	6,16666667	-72,4166667	19973
12	26/11/2001	CHITA	6,19270288	-72,4822748	05852
13	26/11/2001	CHITA	6,21140867	-72,4791017	07035
14	04/10/2002	CHITA	6,185	-72,48	00099
15	04/10/2002	CHITA	6,18011731	-72,4464708	07036
16	03/12/2010	JERICO	6,1275	-72,5586111	24837
17	10/04/2011	JERICO	6,14944444	-72,5641667	25321

Fuente: Autor

Para la plancha 137, El Cocuy, se registraron eventos de movimientos en masa desde el año 1935 hasta el año 2012; sin embargo los datos registrados en fechas anteriores a 1980 fueron pocos y en algunas décadas anteriores a este año no se encontró registro alguno sobre estos procesos.

Pero, a partir de esta década, la información reportada comienza a ser, cada vez, más numerosa, como se aprecia en la tabla 8 y en la figura 12, convirtiendo a Chiscas, con 17 eventos como el municipio con mayor cantidad de registros en esta plancha, seguido del municipio de El Espino con 11 registros, Guacamayas con 4 y El Cocuy con 3 eventos. Cabe aclarar que para el resto de los municipios localizados en la zona de estudio, como es el caso de Carcasí, Concepción y

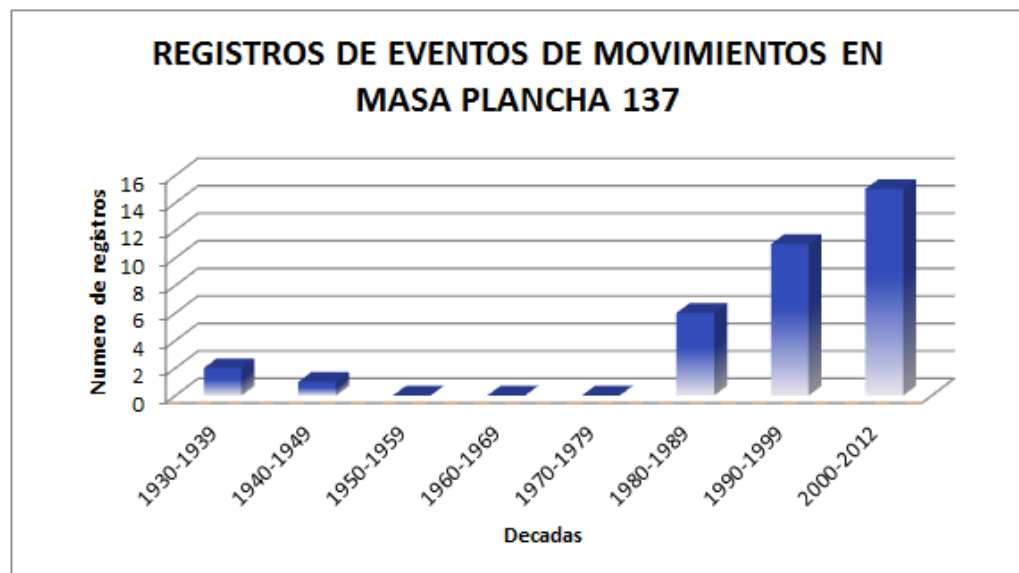
Macaravita (en el departamento de Santander), al igual que los municipios de San Mateo, Panqueba y Guicán (en el departamento de Boyacá) y Tame (en el departamento de Arauca), no se encontraron registro alguno sobre eventos de movimientos en masa.

Tabla 8. Porcentaje de ocurrencia de eventos de movimientos en masa por décadas, registrados por el SIMMA, para la plancha 137, El Cocuy.

DECADA	EVENTOS DE MOVIMIENTOS EN MASA	%
1930-1939	2	5,71
1940-1949	1	2,86
1950-1959	0	0
1960-1969	0	0
1970-1979	0	0
1980-1989	6	17,14
1990-1999	11	31,43
2000-2012	15	42,86
TOTAL	35	100,00%

Fuente: Autor

Figura 12. Registros de eventos de movimientos en masa por décadas, de acuerdo al SIMMA, correspondiente a la plancha 137, El Cocuy.



Fuente: Autor

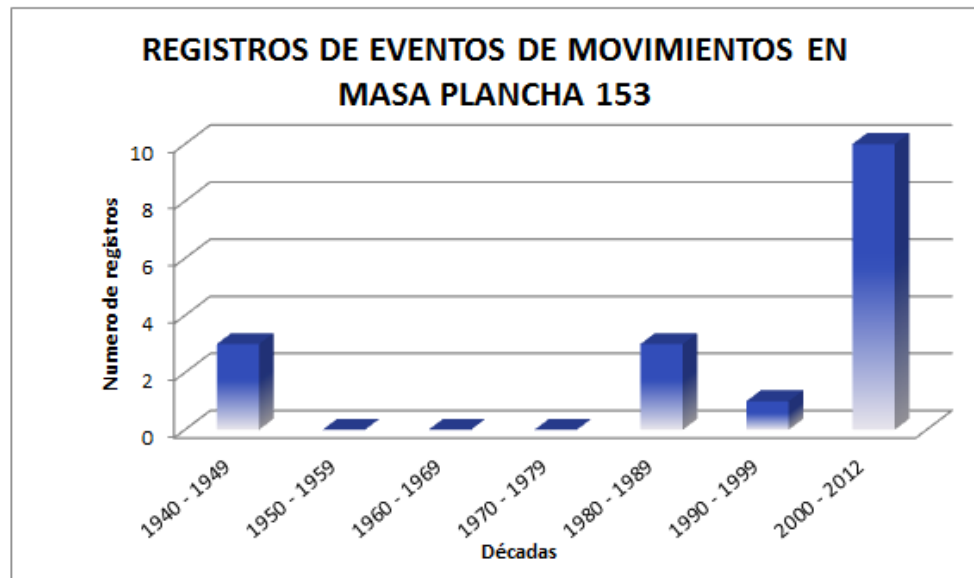
Entre tanto, para los eventos de movimientos en masa para la plancha 153, Chita, corresponden a procesos ocurridos entre los años de 1944 y 2011, siendo los últimos años, los que presenta el mayor número de registros. (Tabla 9 y Figura 13).

Tabla 9. Porcentaje de ocurrencia de eventos de movimientos en masa por décadas, registrados por el SIMMA, para la plancha 153, Chita.

DECADA	EVENTOS DE MOVIMIENTOS EN MASA	%
1940-1949	3	17,65
1950-1959	0	0
1960-1969	0	0
1970-1979	0	0
1980-1989	3	17,65
1990-1999	1	5,88
2000-2012	10	58,82
TOTAL	17	100,00%

Fuente: Autor

Figura 13. Registros de eventos de movimientos en masa por décadas, de acuerdo al SIMMA, correspondiente a la plancha 153, Chita.



Autor: Fuente

Como se observa en la tabla 7 el Sistema de Información de Movimientos en Masa (SIMMA), solo registra información de movimientos en masa ocurridos en el municipio de Chita, donde se reportaron 15 eventos y en el municipio de Jericó, que solo contaba con 2 eventos a la fecha de consulta, para un saldo total de 17 registros, como se indicó anteriormente. En los demás municipios pertenecientes a esta plancha como El Cocuy, La Uvita y Socotá, en Boyacá, así como Tame en Arauca, y La Salina y Sacamá, en Casanare, no se cuenta con evento alguno de registro de movimientos en masa.

4.2 CORPORACIONES AUTÓNOMAS REGIONALES

Otra fuente importante acerca de la caracterización geomorfológica del área de estudio, de acuerdo a sus variables morfodinámica y morfogenésis, corresponde a los documentos realizados por las corporaciones autónomas regionales.

Para el caso de la zona de interés (plancha 137, El Cocuy y plancha 153, Chita), la Corporación Autónoma Regional de Boyacá (CORPOBOYACÁ), en convenio con la Universidad Distrital Francisco José de Caldas realizó el documento: “Formulación del plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Media del Río Chicamocha” en el año 2009, en donde se realiza una caracterización del medio natural – biótico por microcuencas, en términos de geomorfología, amenaza, vulnerabilidad y riesgos.

En este informe, se describen las sub – cuencas que conforman este sistema hídrico; la microcuenca del Río Nevado y la microcuenca del río Chitano abarcan la mayor parte de las planchas 137 y 153, respectivamente.



Según el documento anteriormente mencionado, y en relación al atributo morfogénético, para la microcuenca del río Nevado se presentan relieves colinados a montañosos con estructuras plegadas y con crestas homoclinales muy características de la región, así como intensos procesos morfodinámicos que forman paisajes erosionales y deposicionales, de origen aluvial, coluvial y glaciar. A su vez, la microcuenca del río Nevado, presenta, en relación a la amenaza, vulnerabilidad y riesgo, zonas calificadas como críticas, en cuanto a procesos de movimientos en masa, como en el sector Peña Blanca y el corregimiento de Las Mercedes, entre el río Pajarito y el río Casiano (municipio de Chiscas), el sector de El Tobal (municipio de El Espino) y sobre la quebrada el Obraje (municipio de Panqueba) (Corpoboyacá, 2009)

Entre tanto, para la cuenca del río Chitano, la configuración del paisaje existente se caracteriza por presentar montañas abruptas y valles profundos, con presencia de estructuras plegadas, falladas y erosionadas, junto a crestas monoclinales bastantes abruptas. Predominan geoformas de origen estructural (Sinclinales, anticlinales y crestas monoclinales), de origen deundacional (laderas erosionales onduladas y depósitos colviales), de origen depositacional (drumlin, conos glaciofluviales, terrazas erosionales y campos de morrenas) El área ocupada por la microcuenca del río Chitano se caracteriza por presentar amenazas por remoción en masa, de grado medio y alto hacia el centro oriente de la zona (municipios de Chita y Jericó), y de magnitud baja hacia el sector nororiental (municipio de La Uvita); destacándose el deslizamiento del río Loblanco, el deslizamiento en la desembocadura del río Negro, el deslizamiento de Chipabetel Centro (municipio de Chita) y algunos deslizamientos y avalanchas de detritos en el sitio de Cheva (municipio de Jericó) (Corpoboyacá, 2009).



4.3 PLANES Y ESQUEMAS DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL

Mientras tanto, los datos suministrados por los planes de ordenamiento territorial (POT) y los esquemas de ordenamiento territorial (EOT) de los diferentes municipios que conforman la zona de trabajo, presentan información morfogénica y morfodinámica, que contribuyen a caracterizar determinada zona o área de un determinado municipio. Sin embargo, en algunos municipios, no existe información sobre estas variables geomorfológicas o la información existente no alcanza a ser representativa para el área de estudio, ni para la escala utilizada en este informe.

5. RESULTADOS

En este capítulo se expondrá los resultados obtenidos, de acuerdo a la variable geomorfológica, por medio del inventario, clasificación y descripción de los principales rasgos morfodinámicos y morfogénéticos que caracterizan a cada una de las planchas que conforman el área de estudio.

5.1 MORFODINAMICA

A continuación se describirán las principales características morfodinámicas, en lo referente a procesos de movimientos en masa, observados en la zona de interés (plancha 137, El Cocuy y plancha 153, Chita), así como sus principales causas de ocurrencia y los daños, efectos secundarios y/o riesgos que estos movimientos causan o puedan, a futuro, generar, en el medio circundante y los posibles impactos sobre el entorno socio – económico.

En el área de trabajo, fueron cartografiados 80 procesos en total, de los cuales 72 fueron registrados como inventario de movimiento en masa, mientras los otros 8 registros restantes fueron clasificados como catálogo de movimiento en masa.

Todos estos registros fueron compilados en el Sistema de Información de Movimientos en Masa (SIMMA), en la página del Servicio Geológico Colombiano (www.sgc.gov.co), alimentado así, esta base de datos, convirtiéndose en punto de partida para futuros estudios en la zona de interés.

5.1.1 Plancha 137, El Cocuy Para la plancha 137, El Cocuy, fueron inventariados, clasificados y caracterizados 40 procesos correspondientes a movimientos en masa, que posteriormente fueron registrados en el Sistema de Información de Movimientos en masa (SIMMA), el cual les asignó un código específico para cada uno de estos procesos.

De estos 40 procesos registrados en el Sistema de Información de Movimientos en masa (SIMMA), 6 de ellos corresponden a información registrada en formatos de tipo catalogo (ver tabla 10) y otros 34 pertenecen a registros de tipo inventario (ver tabla 11 y tabla 12).

Tabla 10. Movimientos en masa registrados como información de tipo catálogo para la plancha 137, El Cocuy.

Nº	MOVIMIENTO EN MASA	MUNICIPIO	CODIGO
1	Caída de rocas	San Mateo	026896
2	Caída de rocas	Guacamayas	026898
3	Caída de detritos	Guacamayas	026902
4	Caída de detritos	Guacamayas	026904
5	Deslizamiento traslacional planar	Guacamayas	026907
6	Caída de roca	Chiscas	026911

Fuente: Autor.

Las rutas de recorrido, las estaciones realizadas y la ubicación de cada proceso correspondiente a determinado movimiento en masa se pueden apreciar en el anexo C.

El análisis de las principales características de los movimientos en masa observados en esta plancha se presentará por municipios. Al finalizar dicha caracterización, se realizará un estudio estadístico de la variable morfodinámica, de acuerdo a las características descritas previamente.

Tabla 11. Movimientos en masa registrados como información de tipo inventario para la plancha 137, El Cocuy.

Nº	MOVIMIENTO EN MASA	MUNICIPIO	CODIGO
1	Caída de roca	San Mateo	025529
2	Deslizamiento traslacional planar	Guacamayas	026539
3	Caída de detritos	Guacamayas	026546
4	Caída de roca	Guacamayas	026547
5	Deslizamiento traslacional planar	Guacamayas	026575
6	Deslizamiento traslacional planar	Guacamayas	026579
7	Caída de roca	Guacamayas	026586
8	Caída de roca	Guacamayas	026597
9	Deslizamiento traslacional planar	Guacamayas	026606
10	Deslizamiento traslacional planar	Guacamayas	026616
11	Reptación	Guacamayas	026627
12	Deslizamiento traslacional planar	Guacamayas	026635
13	Deslizamiento traslacional planar	El Espino	026642
14	Deslizamiento traslacional planar	El Espino	026651
15	Deslizamiento traslacional planar	Chiscas	026662
16	Deslizamiento traslacional planar	Chiscas	026716
17	Deslizamiento traslacional planar	Chiscas	026723
18	Deslizamiento traslacional planar	Chiscas	026727
19	Deslizamiento traslacional en cuña	Chiscas	026731
20	Deslizamiento traslacional planar	Panqueba	026742
21	Deslizamiento traslacional planar	Panqueba	026747
22	Deslizamiento traslacional planar	Guicán	026750
23	Deslizamiento traslacional planar	Panqueba	026773
24	Deslizamiento traslacional planar	El Cocuy	026794
25	Deslizamiento traslacional planar	San Mateo	026796
26	Deslizamiento traslacional planar	San Mateo	026799
27	Deslizamiento traslacional planar	Guacamayas	026801
28	Deslizamiento traslacional planar	Guacamayas	026805
29	Caída de roca	Macaravita	026867
30	Deslizamiento traslacional planar	El Espino	026874
31	Deslizamiento traslacional planar	El Espino	026871
32	Deslizamiento traslacional planar	Chiscas	026877
33	Deslizamiento traslacional planar	Panqueba	026879
34	Deslizamiento traslacional planar	Guicán	026881

Fuente: Autor.

Tabla 12. Localización por coordenadas geográficas y en coordenadas planas de los movimientos en masa registrados como información de tipo inventario correspondiente a la plancha 137, El Cocuy.

PUNTO	COORDENADAS GEOGRAFICAS			COORDENADAS PLANARES		
	Latitud	Longitud	Altura	Este	Norte	Altura
1	6°26'47,05482"N	72°33'42,75148"W	2941	835 797	1 204 851	2941
2	6°27'10,11184"N	72°32'52,00098"W	2405	837 305	1 205 472	2405
3	6°27'27,3835"N	72°31'24,04564"W	2457	840 048	1 206 070	2457
4	6°27'37,53841"N	72°31'23,52139"W	2419	840 065	1 206 382	2419
5	6°27'46,43634"N	72°31'18,69897"W	2437	840 214	1 206 655	2437
6	6°27'46,81065"N	72°31'12,94138"W	2415	840 391	1 206 666	2415
7	6°27'36,00762"N	72°31'1,00308"W	2385	840 757	1 206 333	2385
8	6°27'23,81499"N	72°30'22,4152"W	2310	841 942	1 205 955	2310
9	6°27'29,79523"N	72°30'25,16489"W	2298	841 858	1 206 139	2298
10	6°26'33,97101"N	72°29'43,00728"W	2863	843 149	1 204 420	2863
11	6°26'37,30451"N	72°30'1,33311"W	2793	842 586	1 204 524	2793
12	6°27'40,61785"N	72°29'8,57526"W	2132	844 213	1 206 465	2132
13	6°28'27,5335"N	72°29'1,18935"W	2312	844 444	1 207 906	2312
14	6°29'32,13965"N	72°30'54,53204"W	2296	840 966	1 209 901	2296
15	6°31'44,47724"N	72°30'25,49324"W	2080	841 870	1 213 965	2080
16	6°33'26,73453"N	72°29'48,7197"W	2430	843 009	1 217 104	2430
17	6°33'55,50585"N	72°27'39,64201"W	2744	846 978	1 217 977	2744
18	6°33'54,32124"N	72°27'44,35736"W	2719	846 833	1 217 941	2719
19	6°33'56,23061"N	72°27'36,45487"W	2774	847 076	1 217 999	2774
20	6°26'56,49651"N	72°28'18,41528"W	2174	845 751	1 205 105	2174
21	6°27'25,03636"N	72°26'30,63886"W	2363	849 066	1 205 973	2363
22	6°26'16,51838"N	72°25'21,77552"W	2979	851 177	1 203 862	2979
23	6°26'16,41096"N	72°26'39,01185"W	2701	848 803	1 203 865	2701
24	6°24'47,49201"N	72°26'54,35762"W	2685	848 324	1 201 134	2685
25	6°25'42,20487"N	72°33'51,47686"W	2447	835 538	1 202 923	2447
26	6°25'35,92189"N	72°33'29,82488"W	2492	836 371	1 202 586	2492
27	6°27'23,46485"N	72°30'8,00138"W	2256	842 385	1 205 943	2256
28	6°28'25,77623"N	72°31'43,14723"W	2050	839 466	1 207 866	2050
29	6°29'22,5633"N	72°32'28,50258"W	1675	838 011	1 209 602	1675
30	6°30'22,78219"N	72°29'55,03415"W	2321	842 799	1 211 452	2321
31	6°30'59,0275"N	72°29'57,83682"W	2564	842 716	1 212 566	2564
32	6°32'40,67267"N	72°30'16,34639"W	2336	842 156	1 215 691	2336
33	6°26'31,79986"N	72°27'4,91793"W	2423	848 008	1 204 340	2423
34	6°27'44,90818"N	72°24'32,55369"W	2940	852 697	1 206 574	2940

Fuente: Autor.

➤ Municipio de San Mateo:

Los procesos correspondientes a movimientos en masa presentes en este municipio son deslizamientos de tipo traslacional planar junto a caídas de material, estos últimos constituidos por roca y detritos, con predominio de los primeros sobre los segundos, presentándose sobre litologías sedimentarias de edades Paleógenas, las cuales se encuentran afectadas por procesos erosivos tipo cárcavas y surcos de intensidades bajas a moderadas, generando materiales fisurados y agrietados.

Estos procesos son generados por diferentes agentes, agrupados en factores contribuyentes y detonantes. Dentro de los factores contribuyentes encontramos la influencia de la erosión de tipo fluvial y pluvial, junto a procesos de socavación por parte de los drenajes de la zona. En algunos sectores del municipio, se presenta problemas en relación al agua que es utilizada para actividades ganaderas y agrícolas, la cual una vez usada, no es canalizada. Este proceso se conoce como irrigación y genera el movimiento del suelo debido a la sobresaturación del mismo por efecto del agua. Estos agentes contribuyentes anteriormente descritos, unidos a las precipitaciones, como factor detonante para estos procesos, afectan la estabilidad de los taludes del sector, debilitan las estructuras y generan material propenso a desplazarse.

Estos movimientos en masa no generan grandes daños en el medio circundante, afectando principalmente algunos cursos de agua, debido a que el material desplazado por el movimiento en masa podría represar sus cauces. Un claro ejemplo de este proceso, se observa en la vereda Centro (figura 14), sobre los márgenes de la quebrada Agua y Pan, donde se presenta un movimiento en masa correspondiente a un deslizamiento de tipo traslacional planar, junto a una caída de rocas.

Figura 14. Movimiento en masa correspondiente a un deslizamiento traslacional planar y a una caída de rocas a orillas de la quebrada Agua y Pan; cauce que podría ser represado, debido al material desplazado por este movimiento. Vereda El centro, municipio de San Mateo.



Fuente: Autor.

➤ **Municipio de Guacamayas:**

Para el municipio de Guacamayas fueron registrados una gran cantidad de movimientos en masa, ubicados estos, principalmente, sobre la vía que une los cascos urbanos de San Mateo y Guacamayas. Los procesos cartografiados, presentan un intervalo entre 5 y 7 años de la fecha de ocurrencia, la misma edad que presenta la última intervención que se realizó en la vía (proceso de pavimentación), debido a que al momento de realizar dicha actividad se dejaron los taludes descubiertos y la pared de roca debilitada, facilitando el desplazamiento del material, provocando estos procesos.

El movimiento en masa predominante corresponde a deslizamientos, de tipo traslacional planar, aunque también se presenta, en algunos sectores, pero en menor proporción, caída de materiales y reptación de suelos. Estos procesos se presentan sobre material sedimentario de edades Cretácicas, Paleógenas y sobre depósitos cuaternarios, con predominio de unidades litológicas consolidadas correspondiente a la formación Chipaque o Capacho.

Las precipitaciones como procesos detonantes, junto a procesos contribuyentes como la erosión pluvial y fluvial, en algunos sectores, se constituyen en las causas generadores de los movimientos en masa caracterizados en esta área, presentado procesos erosivos de intensidades que varían desde moderada a severa, con el desarrollo de surcos y cárcavas.

La cobertura vegetal sobre la cual ocurren estos procesos corresponde a pastos y vegetación herbácea, cuyo uso es, principalmente para el establecimiento de vivienda, de tipo rural, y el trazado de la malla vial. Otros usos corresponden con algunas actividades de tipo económico como la minería, como sucede en la vereda El Alisal, en donde una caída de rocas junto deslizamiento traslacional planar dejó expuesta la pared de roca y esta es aprovechada como una cantera para la extracción de arenas. (Figura 15).

Los daños generados por estos movimientos en masa se presentan sobre la malla vial del sector, la cual podría, a futuro, llegar a ser obstruida totalmente, debido a que el material desplazado por estos procesos se encuentra en algunos tramos de la vía y ha generado el daño parcial sobre ésta (figura 16). Adicionalmente se encuentran algunas viviendas, de tipo rural, localizadas cerca a estos procesos, presentándose una situación de amenaza por la posibilidad de ser afectadas (Figura 17).

Figura 15. Caída de roca junto a un deslizamiento de tipo traslacional planar; procesos que dejaron expuesta la pared de roca, la cual es utilizada como una cantera, para la extracción de arenas. Vereda El Alisal, municipio de Guacamayas.



Fuente: Autor.

Figura 16. Se observa el daño parcial generado sobre la vía que comunica el casco municipal de Guacamayas con el municipio de San Mateo debido al material desplazado por un deslizamiento traslacional planar. Vereda Uragón, municipio de Guacamayas.



Fuente: Autor.

Figura 17. Movimiento en masa correspondiente a un deslizamiento traslacional planar junto a una caída de roca y de detritos; procesos que generan riesgo sobre el medio circundante, sobre la vía por la posibilidad de obstruirla y sobre la vivienda por la posibilidad de destruirla. Vereda La Palma, municipio de Guacamayas.



Fuente: Autor.

➤ **Municipio de El Espino:**

Los procesos morfodinámicos ocurridos en este municipio, corresponden a deslizamientos de tipo traslacional planar, en mayor proporción, junto a caída de roca y procesos de reptación, en menor número; presentando un leve predominio de detritos con relación a roca y suelos, de acuerdo al material constituyente de estos procesos.

Estos movimientos en masa se presentan localizados sobre unidades litológicas sedimentarias de edades Cretácicas (Formación Chipaque o Capacho y

Formación Une o Aguardiente) y Paleógenas (Formación Arcillas de Socha), afectadas por procesos de meteorización de intensidades moderadas, generando materiales fisurados y agrietados. Algunos de estos movimientos en masa también se presentan sobre depósitos cuaternarios.

El agua es un factor detonante en la zona, destacándose los procesos erosivos de tipo fluvial y pluvial, de intensidades moderadas y con el desarrollo de surcos y cárcavas, los cuales, junto a las precipitaciones, se constituyen en las principales causas de ocurrencia de los movimientos en masa de este municipio.

Entre los daños producidos por los movimientos en masa presentes, se observa principalmente la amenaza generada por estos procesos sobre algunas viviendas de tipo rural, unas de ellas, con presencia de fracturas y grietas en su estructura. La ganadería y la agricultura son otros sectores que se encuentran afectados debido a estos procesos (Figura 18).

➤ Municipio de Panqueba:

Los procesos morfodinámicos cartografiados en este municipio, corresponden en su totalidad a deslizamientos traslacionales planares, localizados sobre formaciones sedimentarias de edades cretácicas (Formación Chipaque o Capacho y Formación La Luna) hasta Paleógenas (Formación Areniscas de Socha), presentando procesos de meteorización física de intensidades moderadas, dando lugar a detritos, material constitutivo predominante de estos procesos.

Los movimientos en masa presentes en este municipio se localizan sobre áreas dispuestas para el desarrollo de actividades agrícolas, ganaderas, obras de infraestructura vial y la construcción de centros poblados, convirtiendo a estos procesos en una amenaza potencial, los cuales, a futuro, con la ayuda de agentes

contribuyentes (como los procesos erosivos) pueden generar riesgos de origen natural a estas actividades.

Figura 18. Deslizamiento traslacional planar, en donde se observa que el material desplazado genera daños sobre las viviendas, afecta el sector agrícola y la zona ganadera del área. Vereda Llano Largo, municipio de El Espino.



Fuente: Autor.

Algunos de estos procesos se presentan sobre los márgenes de los diferentes drenajes del área, como el observado en la vereda Carrasposal, ubicado en las riberas del río Nevado, el cual corresponde a un deslizamiento traslacional planar, afectado por el trazo de la falla del río nevado, presentando erosión de intensidad severa o alta, con desarrollo de surcos y cárcavas. Aunque no genera ningún tipo de daño o efecto secundario, el material desplazado puede llegar a represar el cauce activo de este drenaje. (Figura 19).

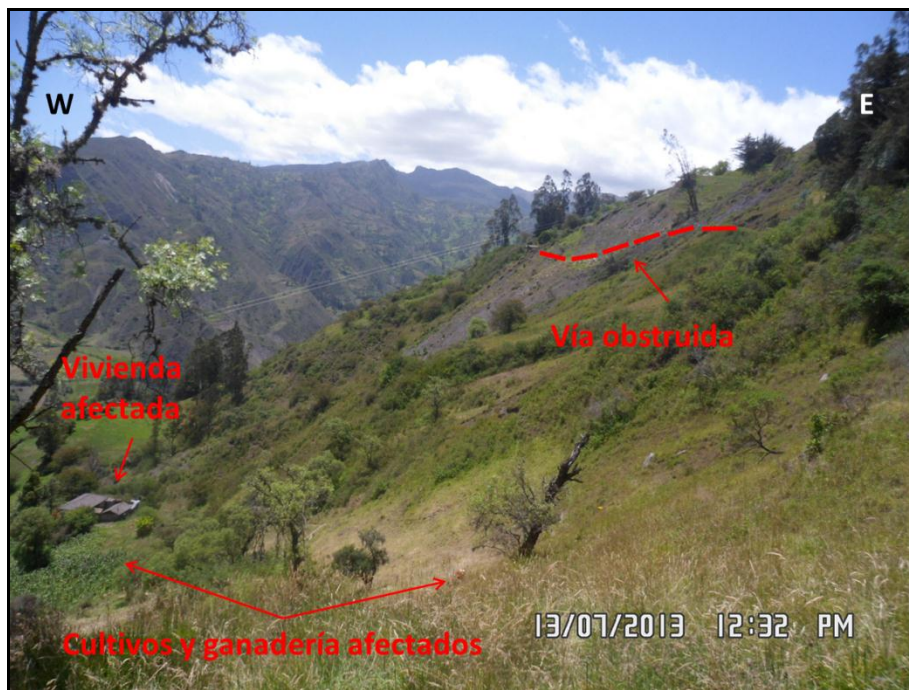
Un proceso de éstos, calificado como crítico o de alta importancia, corresponde al proceso localizado en la vereda Ovejera, en donde se observa que la malla vial que comunicaba el casco urbano de El Cocuy con el municipio de Guicán, por el sector de La Piscina fue obstruida totalmente, debido a un deslizamiento traslacional planar, de dimensiones superiores a 300 metros de longitud total, cuyo material constituyente corresponde, principalmente a detritos y está compuesto por shale negro, areniscas cuarzosas micáceas y calizas fosilíferas de la Formación Chipaque o Capacho. Este movimiento en masa afecta gravemente a una vivienda, de tipo rural, donde se observan fracturas y grietas, que a futuro puede generar la pérdida de estabilidad y posterior colapso de la estructura. También la actividad ganadera y agrícola se encuentra afectada, debido a la destrucción de la capa vegetal superficial por el movimiento del material (Figura 20).

Figura 19. Deslizamiento traslacional planar a orillas del Río Nevado, cauce que podría a futuro, ser represado, debido al material desplazado por este proceso. Vereda Carrasposal, municipio de Panqueba.



Fuente: Autor.

Figura 20. Deslizamiento traslacional planar de grandes dimensiones, que ha obstruido totalmente la vía y afecta gravemente no solo a la vivienda de tipo rural, también a las actividades ganaderas y agrícolas del sector. Vereda La Ovejera, municipio de Panqueba.



Fuente: Autor.

➤ **Municipio de Chiscas:**

En el área abarcada por este municipio se aprecia un drenaje altamente denso, representado por los cursos de los ríos Chiscano y Casiano, a donde fluyen y desembocan un gran número de quebradas, riachuelos y cañadas, las cuales nacen en las partes altas de la Sierra Nevada del Cocuy.

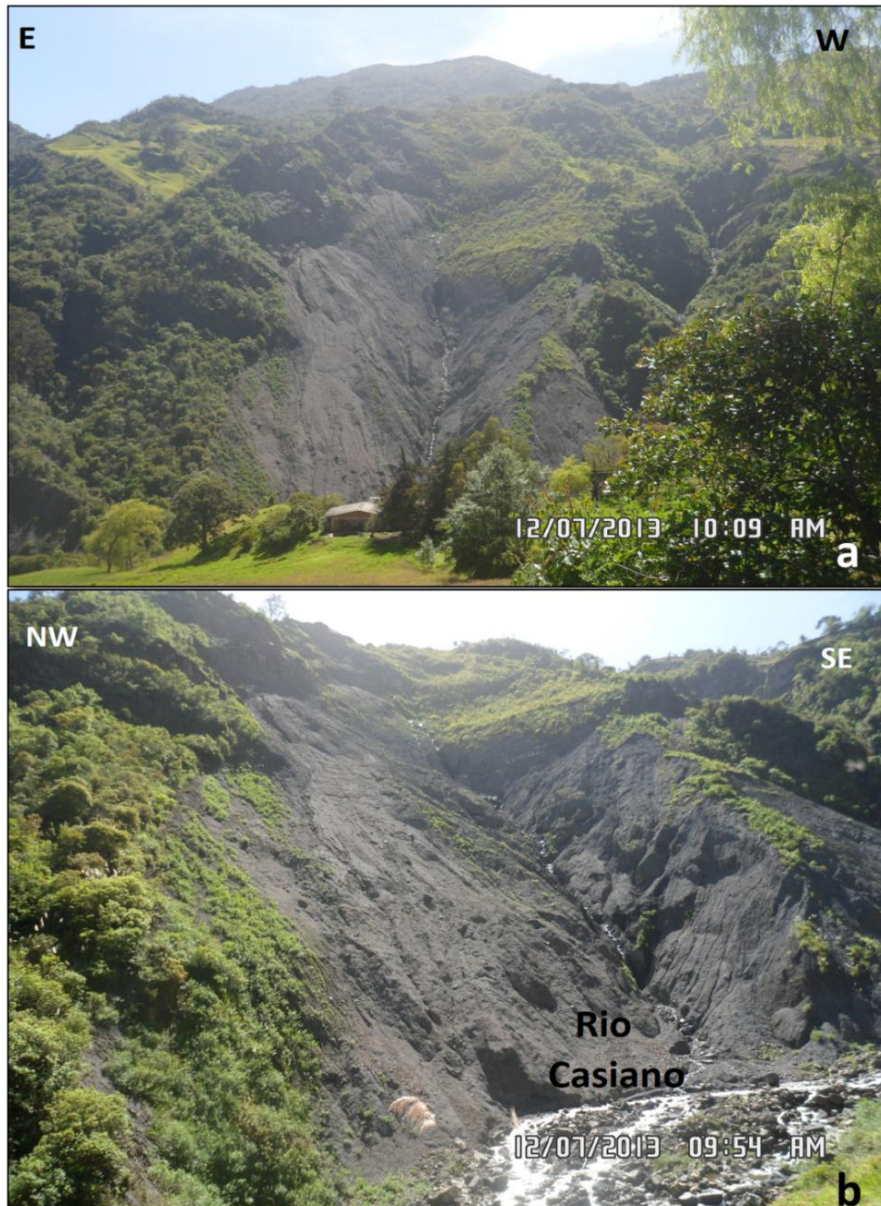
Lo anterior, sumado a la situación tectónica de la falla de Chiscas, se constituyen en los factores detonantes para la ocurrencia de los movimientos en masa presentes en el sector.

Los movimientos en masa registrados de la región son, en su mayoría, deslizamientos de tipo traslacional planar, aunque en algunos sectores también se presentan deslizamientos traslacionales en cuña, constituidos por detritos, suelos y roca, con predominio de material detrítico, desarrollados sobre litologías sedimentarias de edades que varían desde Cretácicas hasta depósitos cuaternarios, donde las lodolitas fisibles intercaladas con areniscas de grano fino de la Formación Chipaque o Capacho corresponde al material geológico prevaeciente sobre los cuales se presentan estos procesos.

Las obras de infraestructura (puentes y viviendas de tipo rural) son los áreas más afectadas del municipio, de acuerdo a los daños generados por estos procesos, sin embargo también existen un riesgo, por aquellos movimientos en masa que se presentan sobre las riberas de los diferentes drenajes del sector, por la posibilidad de que el material desplazado por el movimiento en masa represe los cauces activos.

Un proceso de estos, calificado como crítico o de alta importancia, lo constituye el proceso localizado en el sitio conocido como Golondrinas, en la vía que conduce de la cabecera municipal de Chiscas hacia la vereda Santa Ana, en el kilómetro 4,5 después del centro poblado de Las Mercedes, sobre el margen del río Casiano, en donde se observó un deslizamiento de tipo traslacional en cuña de grandes dimensiones (aproximadamente 500 metros de longitud total) cuyo material constitutivo son detritos, presentando erosión de intensidades severas, con desarrollo de surcos y cárcavas (Figura 21). Aunque no genera daño alguno, al estar localizado sobre el margen del río Casiano, representa una amenaza de tipo ambiental por la posibilidad de represar el cauce de dicho curso de agua.

Figura 21. a) Imagen general de un deslizamiento traslacional en cuña de grandes dimensiones. b) Foto donde se observa que el material constituyente (detritos), de la formación Chipaque o Capacho puede llegar, a futuro, a represar el cauce del rio Casiano. Sitio Golondrinas, municipio de Chiscas.



Fuente: Autor.

➤ Municipio de El Cocuy:

Esta zona presenta una gran riqueza hidrológica, debido a que por el sector discurren varios cauces de diferentes quebradas y ríos que nacen en la Sierra Nevada del Cocuy, entre los que se destacan los cauces de los ríos Cóncavo, El Mosco y Pantano Grande. Según lo anterior, el agente detonante de estos procesos corresponde al agua, donde la erosión fluvial representa un papel muy importante en la región de interés. Esto, junto con procesos de socavación, como factor contribuyente y las precipitaciones, como factor detonante causan, en la mayoría de los casos, el movimiento o la caída del material constituyente.

Los movimientos registrados en este sector corresponden a deslizamientos de tipo traslacional planar en su totalidad, cuyo material constituyente son principalmente suelos (tierra y material detrítico), con una edad que oscila entre 3 y 5 años de la fecha de ocurrencia, correspondiendo con las dos épocas invernales que se presentaron en la zona en los años 2010 y 2011.

Aunque estos procesos no generan grandes daños o afectaciones en el medio circundante, representan una gran amenaza de tipo ambiental por la posibilidad de represar el cauce de algunos drenajes presentes en el sector. Un ejemplo de estos efectos, corresponde a aquel movimiento en masa descrito y cartografiado en la vereda Llano Grande del municipio de El Cocuy, como deslizamiento traslacional planar, desarrollado sobre la formación Chipaque o Capacho, donde el material constituyente (detrítico) termina su recorrido sobre el río Pantano Grande. (Figura 22).

Figura 22. Deslizamiento traslacional planar, cuyo material constituyente (detritos, en su mayoría), puede llegar, a represar el cauce de la quebrada Llano Grande. Sitio Llano Grande, municipio de El Cocuy.



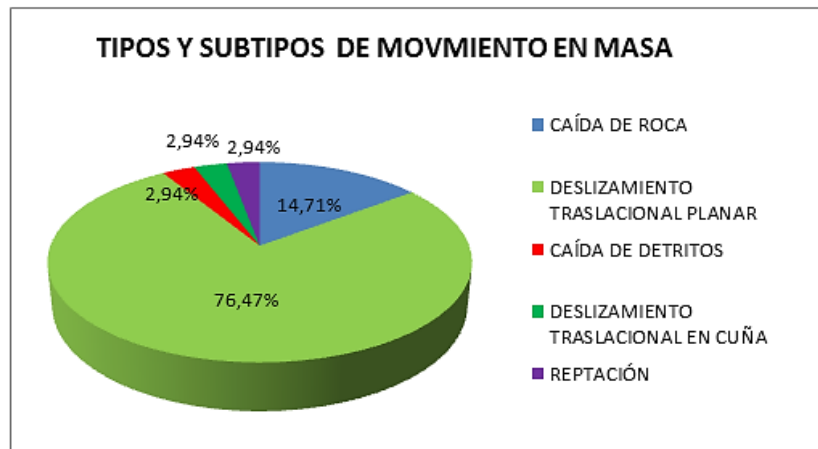
Fuente: Autor

A continuación se presentan gráficos y datos estadísticos sobre las principales características de los movimientos en masa descritos anteriormente. Tal información generan una visión más sintetizada de acuerdo a los siguientes parámetros: Tipo y subtipo de movimiento, la actividad del movimiento (estado, estilo y distribución), cobertura y uso del suelo, causas del movimiento, material constituyente y unidad geológica superficial, así como también el tipo y el estado de la erosión.

- Tipo y subtipo de movimiento: Los deslizamientos traslacionales planares se presentan como el tipo de movimiento en masa predominante en la plancha. Las caídas de roca representan el segundo movimiento más representativo, mientras que otros procesos como reptación, deslizamientos traslacionales en

cuña y caída de detritos también fueron observados en la zona pero, todo ellos se presentan en menor proporción. (figura 23).

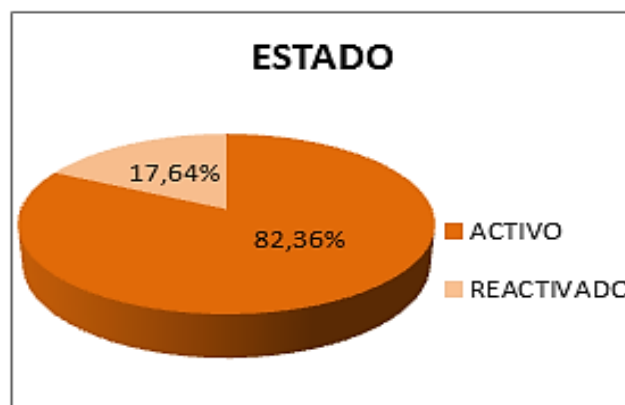
Figura 23. Tipos y subtipo de movimientos en masa en la región de estudio.



Fuente: Autor.

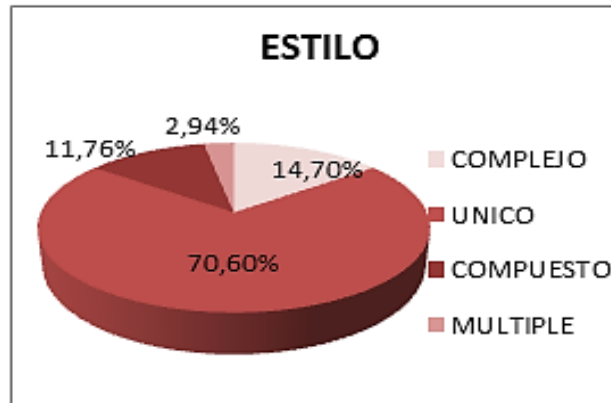
- Actividad de movimiento: Se presentan las características de estado, estilo y distribución como actividad del movimiento. Dentro de los movimientos en masa registrados predominan aquellos con un estado activo, un estilo único y con una distribución que corresponde a ensanchada (figuras 24, 25 y 26).

Figura 24. Estado del movimiento



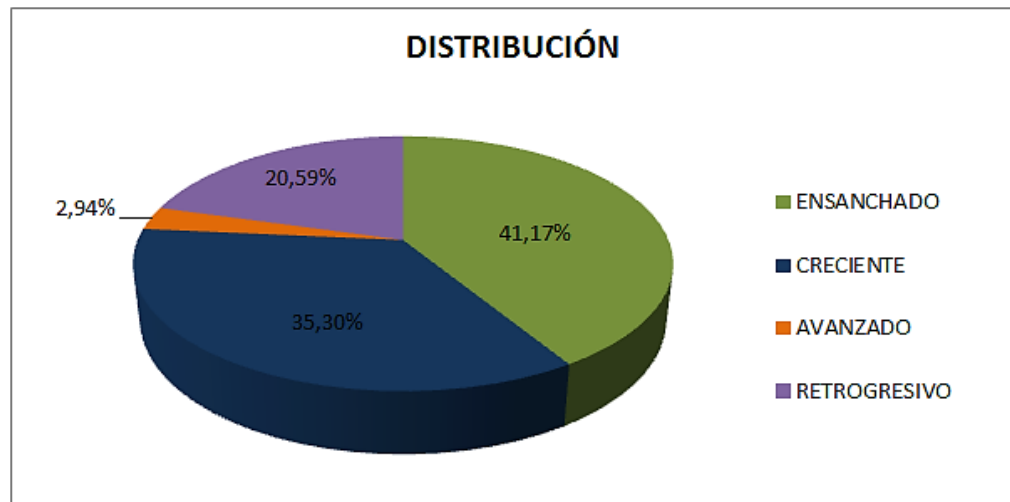
Fuente: Autor.

Figura 25. Estilo del movimiento



Fuente: Autor.

Figura 26. Diagrama representativo de la distribución de los movimientos en masa.

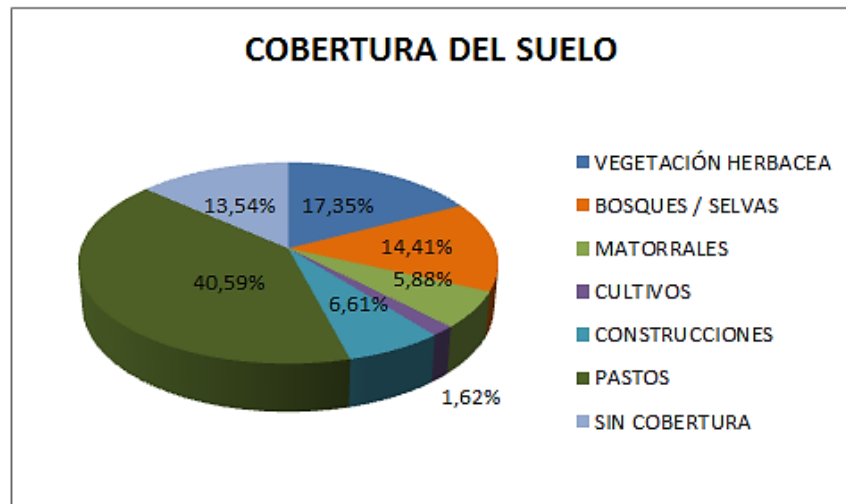


Fuente: Autor.

- Cobertura y uso del suelo: Los movimientos observados y registrados se presentan en áreas con una cobertura vegetal correspondientes a pastos. A estos lo siguen la vegetación herbácea y los bosques y/o selva; mientras que en su uso se destaca algunas áreas donde el suelo no es utilizado para ningún fin; sin embargo en otros sectores, este posee diferentes fines, como por

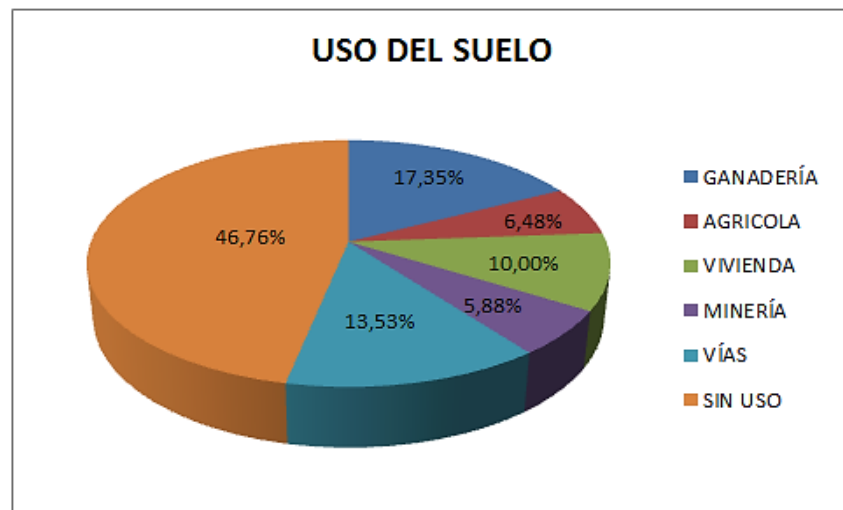
ejemplo, la ganadería, bovina principalmente, pero también existe la ganadería equina y ovina. Otro uso importante del suelo lo representa la agricultura (diferentes tipos de cultivos de clima templado a frío como por ejemplo maíz, papa y tomate entre otros) (figura 27 y 28)

Figura 27. Gráfica de cobertura del suelo.



Fuente: Autor.

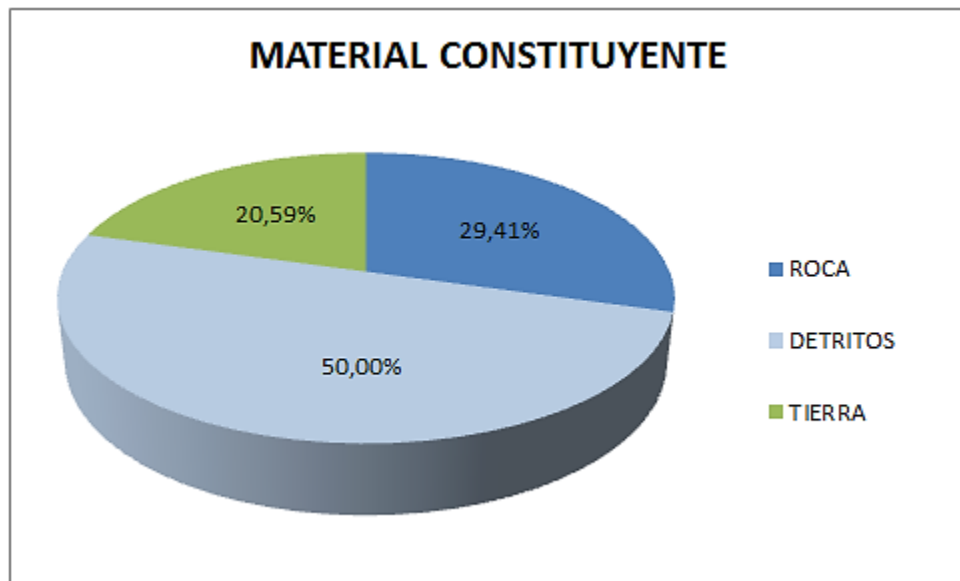
Figura 28. Gráfica del uso del suelo



Fuente: Autor.

- **Material constituyente:** Como se observa en la figura 29, predomina el material detrítico, mientras que rocas y tierras se presentan en menor proporción, de acuerdo al material constituyente de los movimientos en masa del sector.

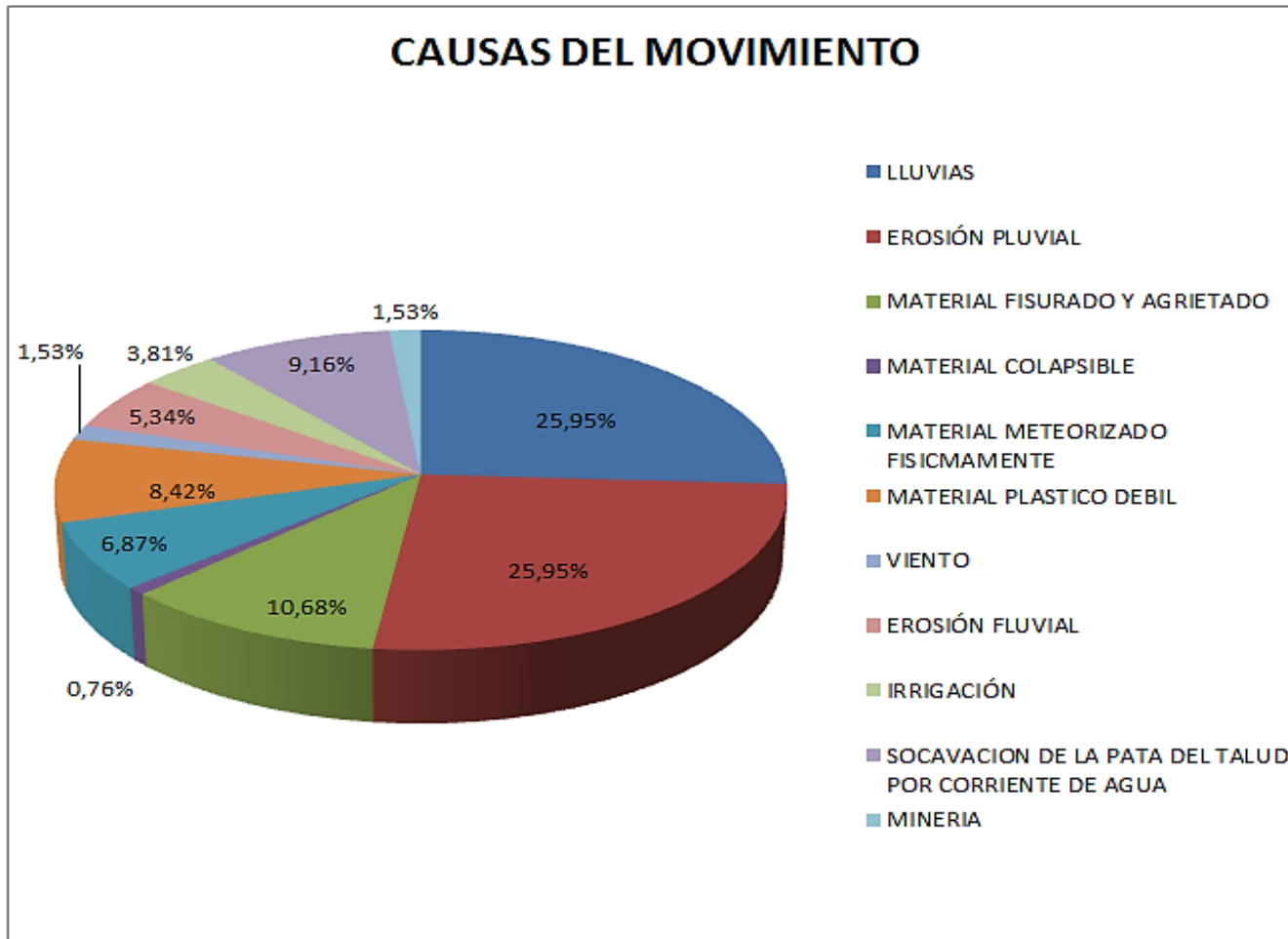
Figura 29. Gráfica de los materiales constituyente de los movimientos en masa.



Fuente: Autor.

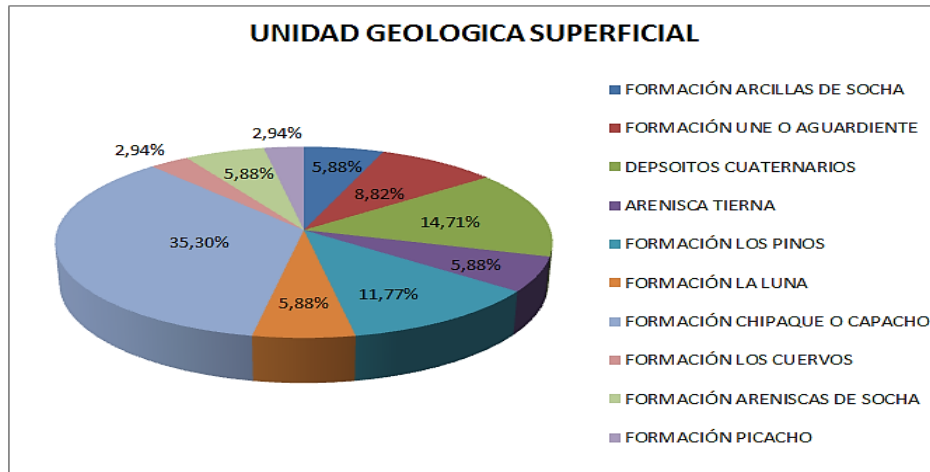
- **Causas del movimiento:** Aunque entre las causas del movimiento, hay varios factores que puedan incidir en la inestabilidad de una ladera para que el material pueda caer, las precipitaciones, como factor detonante y la erosión pluvial, como facto contribuyente, son las mayores agentes generadores de los movimientos en masa. (Figura 30).
- **Unidad geológica superficial:** La Formación Chipaque o Capacho del Cretáceo Superior constituidas por lodolitas fisibles intercaladas con areniscas de grano fino, representan la unidad geológica predominante sobre la cual se desarrollan los movimientos en masa en la región de interés. (Figura 31).

Figura 30. Gráfica que expone las causas de los movimientos en masa del sector.



Fuente: Autor.

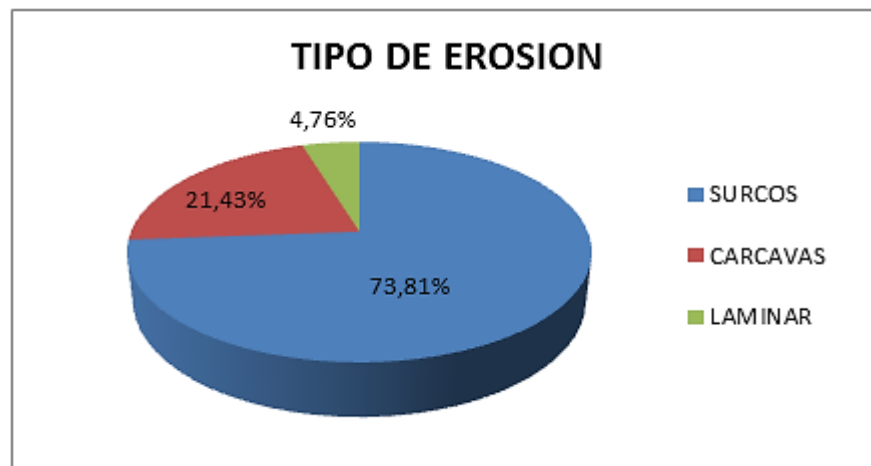
Figura 31. Unidad geológica superficial presente en los movimientos en masa en la región de estudio.



Fuente: Autor.

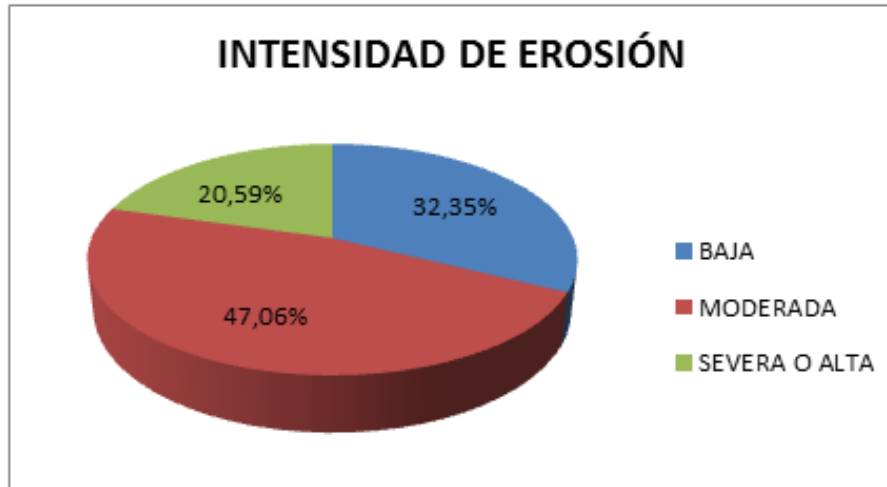
- Erosión: Se presenta el análisis estadístico acerca del tipo y la intensidad de la erosión presente en los movimientos en masa registrados. (tabla 22 y 23). En estos procesos predomina la erosión tipo surcos, de intensidades moderadas. (Figuras 32 y 33)

Figura 32. Tipo de erosión presente en los movimientos en masa observados.



Fuente: Autor.

Figura 33. Intensidad de erosión presente en los movimientos en masa observados.



Fuente: Autor.

5.1.2 Plancha 153, Chita En el área abarcada por la plancha 153, Chita, fueron cartografiados 40 registros correspondientes a movimientos en masa observados en la región, los cuales fueron, posteriormente, compilados en el Sistema de Información de Movimientos en masa (SIMMA), 36 de ellos, registrados sobre formatos para inventario y los otros 4 registros restantes sobre los formatos de catálogo (tabla 13, 14 y 15).

Tabla 13. Movimientos en masa registrados como información de tipo inventario para la plancha 153, Chita.

N°	MOVIMIENTO EN MASA	MUNICIPIO	CODIGO
1	Caída de roca	La uvita	026520
2	Deslizamiento traslacional planar	El Cocuy	028485
3	Deslizamiento traslacional planar	El Cocuy	028486
4	Deslizamiento traslacional planar	Chita	028488
5	Deslizamiento traslacional planar	Chita	028489
6	Deslizamiento traslacional planar	Chita	028493
7	Deslizamiento traslacional planar	Chita	028497
8	Deslizamiento traslacional planar	Chita	028502
9	Deslizamiento traslacional planar	Sacama	028505
10	Deslizamiento traslacional planar	Sacama	028510
11	Deslizamiento traslacional planar	Sacama	028517
12	Deslizamiento traslacional planar	La Salina	028522
13	Deslizamiento traslacional planar	La Salina	028527
14	Deslizamiento traslacional planar	Chita	028531
15	Deslizamiento traslacional planar	Chita	028541
16	Deslizamiento traslacional planar	Chita	029002
17	Deslizamiento rotacional	La Uvita	028864
18	Deslizamiento traslacional planar	La Uvita	028890
19	Deslizamiento traslacional planar	Chita	028893
20	Deslizamiento rotacional	Chita	028892
21	Deslizamiento traslacional planar	Chita	028894
22	Deslizamiento traslacional planar	Chita	028895
23	Deslizamiento traslacional planar	Jericó	028896
24	Deslizamiento rotacional	Jericó	028897
25	Avalancha de rocas	Jericó	028898
26	Avalancha de rocas	Jericó	028901
27	Deslizamiento traslacional planar	Jericó	028900
28	Deslizamiento rotacional	Jericó	028902
29	Deslizamiento rotacional	Jericó	028903
30	Deslizamiento traslacional planar	Chita	028904
31	Deslizamiento traslacional planar	San mateo	028905
32	Deslizamiento rotacional	El Cocuy	028906
33	Reptación	Chita	028908
34	Deslizamiento traslacional planar	El Cocuy	028909
35	Deslizamiento traslacional planar	El Cocuy	028910
36	Deslizamiento rotacional	El Cocuy	028914

Fuente: Autor

Tabla 14. Localización por coordenadas geográficas y coordenadas planas de los movimientos en masa registrados como información de tipo inventario correspondiente a la plancha 153, Chita.

PUNTO	COORDENADAS GEOGRAFICAS			COORDENADAS PLANARES		
	Latitud	Longitud	Altura	Este	Norte	Altura
1	6°20'27,27927"N	72°33'44,25799"W	2639	835371	1193173	2639
2	6°22'15,33725"N	72°26'46,27525"W	2942	848560	1196458	2942
3	6°19'50,59581"N	72°27'54,16767"W	3611	846526	1192016	3611
4	6°15'24,65367"N	72°28'15,96743"W	3302	845680	1183217	3302
5	6°13'23,64295"N	72°28'45,17611"W	2958	844861	1180130	2958
6	6°9'52,98425"N	72°29'22,89241"W	2771	843684	1173660	2771
7	6°12'26,714"N	72°29'25,54439"W	2764	843615	1178384	2764
8	6°11'51,59565"N	72°29'51,27058"W	2612	842821	1177278	2612
9	6°6'28,45941"N	72°13'49,17912"W	1251	872384	1167307	1251
10	6°6'46,07671"N	72°15'14,99537"W	1546	869746	1167854	1546
11	6°7'11,68066"N	72°17'16,79355"W	1911	866002	1168649	1911
12	6°6'58,42042"N	72°20'26,55891"W	1579	860165	1168255	1579
13	6°7'2,61808"N	72°20'54,46714"W	1606	859307	1168386	1606
14	6°3'2,60634"N	72°21'2,7464"W	2868	859035	1161012	2868
15	6°10'7,099"N	72°27'9,60974"W	3311	847784	1174083	3311
16	6°12'17,93643"N	72°29'34,26862"W	2885	843346	1178115	2885
17	6°17'26,22144"N	72°34'3,87383"W	2828	835389	1187611	2828
18	6°17'39,46132"N	72°34'5,60279"W	2903	835337	1188018	2903
19	6°9'28,83076"N	72°30'26,23486"W	2547	841734	1172923	2547
20	6°8'58,58703"N	72°30'30,25094"W	2586	841608	1171994	2586
21	6°7'52,10542"N	72°30'52,73586"W	2625	840911	1169753	2625
22	6°7'36,97218"N	72°33'28,43573"W	3327	836428	1169501	3327
23	6°9'1,95972"N	72°33'57,05581"W	2958	835632	1172115	2958
24	6°8'42,93466"N	72°33'17,36782"W	2640	836567	1171527	2640
25	6°8'59,56387"N	72°33'17,44623"W	2548	836466	1172038	2548
26	6°9'5,20115"N	72°32'51,18974"W	2429	837274	1172209	2429
27	6°9'33,91587"N	72°32'58,71474"W	2279	837045	1173092	2279
28	6°9'26,1778"N	72°31'32,85257"W	2231	839685	1172847	2231
29	6°6'55,56332"N	72°32'46,21771"W	3434	837416	1168225	3434
30	6°6'25,01335"N	72°30'54,84404"W	3088	840839	1167277	3088
31	6°17'30,74605"N	72°29'10,2283"W	4006	844111	1187725	4006
32	6°23'9,11484"N	72°27'17,38734"W	3019	847608	1198113	3019
33	6°21'15,84973"N	72°27'46,19851"W	3305	846713	1194635	3305
34	6°21'59,62224"N	72°26'20,20982"W	3079	849360	1195973	3079
35	6°20'43,87318"N	72°25'25,03731"W	3381	851050	1193641	3381
36	5°53'1,65066"N	72°24'57,70852"W	3495	851763	1192564	3495

Fuente: Autor

Tabla 15. Movimientos en masa registrados como información de tipo catalogo para la plancha 153, Chita.

Nº	MOVIMIENTO EN MASA	MUNICIPIO	CODIGO
1	Caída de rocas	San Mateo	026893
2	Deslizamiento traslacional planar	Chita	028545
3	Deslizamiento traslacional planar	Tame	028546
4	Deslizamiento traslacional planar	La Salina	028547

Fuente: Autor

Se observa en la tabla 13, tabla 14 y en la tabla 15, los procesos de movimientos en masa inventariados, clasificados y caracterizados para el área de interés, en donde se aprecia el tipo, subtipo de proceso descrito, el municipio en donde se localiza y el código suministrado por el SIMMA.

Las rutas de recorrido, las estaciones realizadas y la ubicación de cada proceso se pueden apreciar en el anexo D.

El análisis de las principales características de los movimientos en masa observados en esta plancha se presentará por municipios. Al finalizar dicha caracterización, se realizará un estudio estadístico de la variable morfodinámica, de acuerdo a las características descritas previamente.

➤ **Municipio de Sácama:**

El área abarcada por el municipio de Sácama corresponde a una zona caracterizada por presentar un control tectónico, debido al trazo de la falla de Sácama y un control fluvial, correspondiente a algunos drenajes y cursos afluentes a la corriente principal que cruza el área, el río Casanare.

Lo anterior, es observable, en aquellos movimientos en masa, en donde el material constituyente de estos procesos, detritos en su mayoría, se encuentra

fisurado y agrietado, convirtiendo a este, en un material fácilmente colapsible, el cual, una vez desprendido de la pared de roca, termina su recorrido sobre las riberas de los diferentes cauces de los cuerpos de agua presentes en la zona, y debido a la cantidad de material desplazado por estos procesos, puede llegar, a futuro, a represar dichas corrientes de agua (Figura 34).

Figura 34. Movimiento en masa correspondiente a un deslizamiento traslacional junto a flujos de detritos y tierra, a orillas de la quebrada San Pascual, drenaje que puede ser represado debido al material desplazado por este proceso. Vereda Macueque, municipio de Sácama.



Fuente: Autor

Los movimientos en masa cartografiados fueron principalmente deslizamientos de tipo traslacional planar, junto a flujos de detritos, en menor proporción, de estados activos, los cuales se presentan sobre sedimentos cretácicos correspondientes a lodolitas oscuras fisiles, intercaladas con areniscas cuarzosas micáceas de grano medio, con alto contenido fósil, pertenecientes a la formación Lutitas de Macanal;

sin embargo, estos procesos también se presentan sobre depósitos cuaternarios. Estos movimientos en masa presentan procesos de erosión de estado moderado a medio con desarrollo de surcos.

La edad de estos movimientos en masa corresponde con la época invernal ocurrida en el país durante el año 2011, en donde las fuertes precipitaciones que se presentaron, junto a otros procesos como por ejemplo la erosión fluvial y pluvial, debilitaron la masa de roca generando el movimiento del material. Estos factores, hoy día siguen actuando sobre este sector y son consideradas como las causas principales del movimiento.

Aunque estos movimientos en masa no abarcan grandes dimensiones, los daños generados por estos procesos afectan, principalmente la malla vial del sector, en donde ya se presentan algunos fragmentos de los materiales constituyentes de estos procesos sobre algunos tramos de la vía que comunica el casco municipal de Sácama con la cabecera municipal de La Salina; y a futuro, de seguir con el movimiento de este material, puede llegar a obstruir totalmente esta importante vía de comunicación. (Figura 35).

➤ Municipio de La Salina:

En el municipio de la Salina se puede observar un drenaje bastante denso, presentando una gran cantidad de quebradas (por ejemplo las quebradas Quilambria, La Cortadera y Los Colorados) y numerosos ríos (destacándose los cursos de los ríos Negro y Chinivaque), que nacen en el norte del municipio (sur de la Sierra Nevada del Cocuy), desarrollan un patrón de drenaje subdendrítico, y desembocan sobre el cauce principal del sector, el río Casanare.

Figura 35. Deslizamiento traslacional planar localizado sobre la Formación Lutitas de Macanal, a) Recorrido del material (detritos y rocas) involucrado en el movimiento. b) Imagen donde se aprecia que este material afecta un carril de la vía y podría generar, a futuro, la obstrucción de la misma. Vereda Guivarin, municipio de Sácama.



Fuente: Autor.

Los movimientos en masa observados y compilados en el área de interés, corresponden principalmente a deslizamientos de tipo traslacional planar, junto a flujos, en menor proporción, localizados sobre sedimentos cretáceos consolidados de la Formación Lutitas de Macanal, presentando procesos de meteorización física de intensidades moderadas, dando lugar a detritos, material predominante de estos procesos. Estos movimientos en masa presentan procesos erosivos (principalmente fluviales) de estado moderado a severo, con el desarrollo de surcos y cárcavas.

Los movimientos en masa cartografiados en este municipio, se ubican sobre las laderas de los drenajes presentes en el área, evidenciando un control fluvial bastante marcado, donde algunos factores, como la erosión generada por los cursos de agua (erosión fluvial), junto a procesos de socavación ejercidos por estos últimos, corresponden a las principales causas de ocurrencia de estos procesos. Lo anterior, junto a otros agentes, como las precipitaciones y la erosión pluvial generan gran inestabilidad sobre estas laderas, propiciando el movimiento en masa y aumentando la posibilidad, a futuro, de represar estos cauces (figura 36).

Figura 36. Se observa el deslizamiento traslacional planar, a orillas del río Casanare, representando una amenaza de tipo ambiental por la posibilidad de represar este importante curso de agua, debido al material desplazado por este proceso. Vereda Los Papayos, municipio de La Salina.



Fuente: Autor

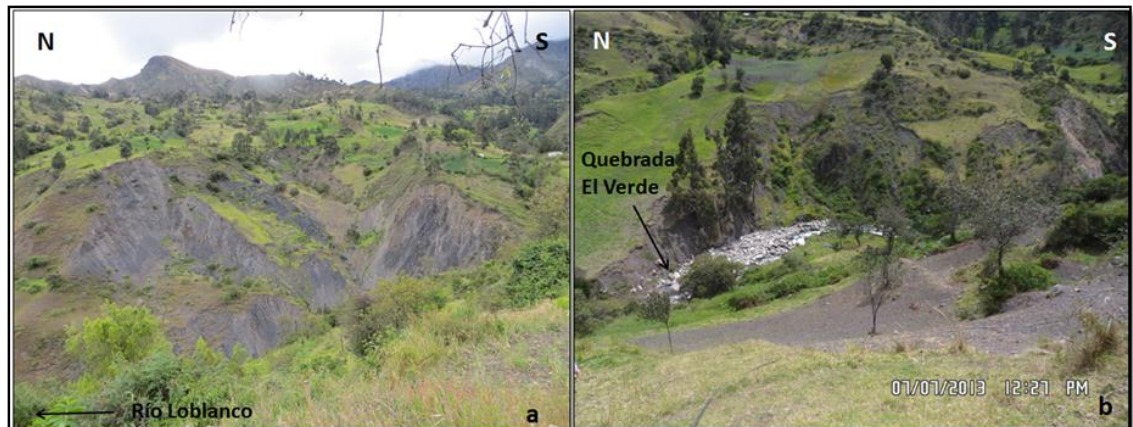
➤ Municipio de Chita:

El municipio de Chita presenta una geología estructural bastante compleja, reflejada en sus estructuras (anticlinales y sinclinales) estrechos, replegados y poco continuos debido a procesos de fallamiento intenso, los cuales, a menudo, desplazan los ejes de estos pliegues.

Esta situación tectónica presente en el área, se constituye en un factor detonante para la ocurrencia de procesos morfodinámicos, debido a que los materiales constitutivos de estos procesos (detritos y roca), se encuentran fisurados y agrietados, afectados por meteorización física de grado moderado, presentado procesos erosivos, de tipo surcos y cárcavas, de intensidades moderadas a severas; desarrollados sobre diferentes formaciones sedimentarias con edades que varían desde cretácicas hasta paleógenas, con predominio de unidades litológicas consolidadas correspondiente a la formación Chipaque o Capacho.

Los procesos observados son deslizamientos de tipo traslacional planar, en mayor proporción, aunque también se presentan deslizamientos de tipo rotacionales y en algunos sectores, procesos de reptación de suelos; desarrollados sobre áreas con buen desarrollo de cobertura vegetal, correspondiente a vegetación herbácea y pastos, principalmente, dispuestos para algunas actividades económicas como la ganadería, la agricultura y el establecimiento de centros poblados, así como la construcción de un sistema vial que sirva de comunicación al sector. Algunos de estos procesos poseen grandes dimensiones y causan un gran impacto sobre en el medio circundante, específicamente sobre las actividades anteriormente descritas (Figura 37).

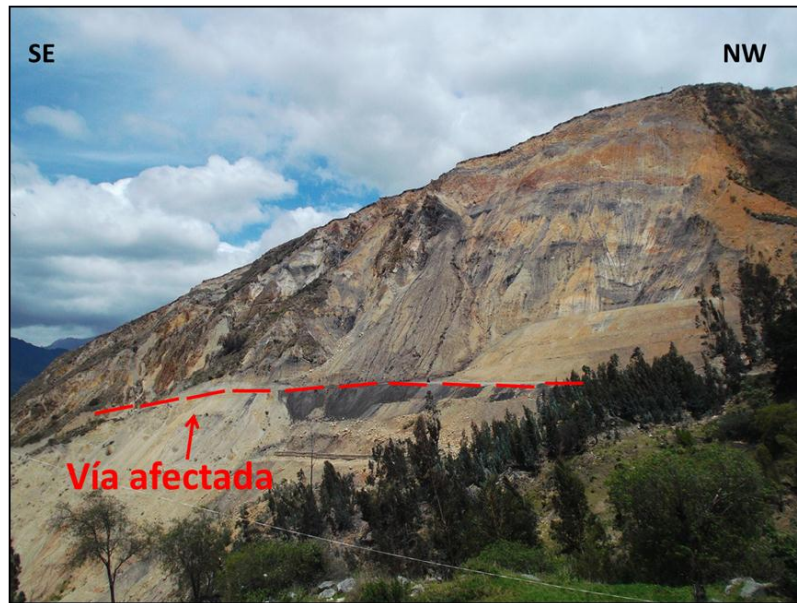
Figura 37. Ejemplos de movimientos en masa sobre los márgenes de algunos drenajes en la vereda El Mortiñal, municipio de Chita a) Deslizamiento traslacional planar en los márgenes del río Loblanco, afectando algunas viviendas, de tipo rural del sector. b) Movimiento en masa sobre los márgenes de la Quebrada El Verde, en un área utilizada para el desarrollo de la ganadería y la agricultura.



Fuente: Autor.

Un claro ejemplo de estos procesos corresponde con el deslizamiento de tipo traslacional planar cartografiado en la vereda Rubacha, compuesto por detritos, presentando materiales fisurados, agrietados y replegados, los cuales están afectados por erosión de tipo laminar y en surcos, de intensidades severas, localizado sobre la formación Chipaque o Capacho. Este proceso genera grandes daños a la infraestructura vial del sector, debido al movimiento de grandes masas de material a lo largo del plano de estratificación, propiciando la caída de la banca de una vía interveredal, y generando gran amenaza sobre esta misma, debido a la posibilidad de obstaculizarla totalmente (Figura 38).

Figura 38. Deslizamiento de tipo traslacional planar, donde se observa el daño generado sobre la vía debido al movimiento del material, el cual se encuentra fisurado y agrietado debido a la situación tectónica que se presentan en la zona. Vereda Rubacha, Municipio de Chita.



Fuente: Autor.

Un proceso de estos, calificado como crítica o de alta importancia, corresponde al movimiento en masa observable en el kilómetro 5, sobre la vía que une el casco urbano de Chita con la cabecera municipal de Jericó, en la vereda Chipa Centro; en donde se registró un movimiento en masa, correspondiente a un deslizamiento traslacional planar, de grandes dimensiones (con un área aproximada a un kilómetro cuadrado), constituido por detritos y tierra, en mayor proporción, aunque también se presenta material rocoso, formado por lodolitas oscuras y areniscas de color crema pertenecientes a la formación Chipaque o Capacho.

Entre las causas de ocurrencias de este movimiento se encuentran procesos de irrigación y erosión de tipo pluvial, donde el factor detonante corresponde a las precipitaciones. Los daños generados por este proceso, son numerosos y afectan

principalmente a zonas habitadas, correspondientes a viviendas de tipo rural del sector. En algunas de ellas, ya se presentan grietas y fracturas, mientras que otras se encuentran en zona de amenaza, debido al material desplazado por el movimiento.

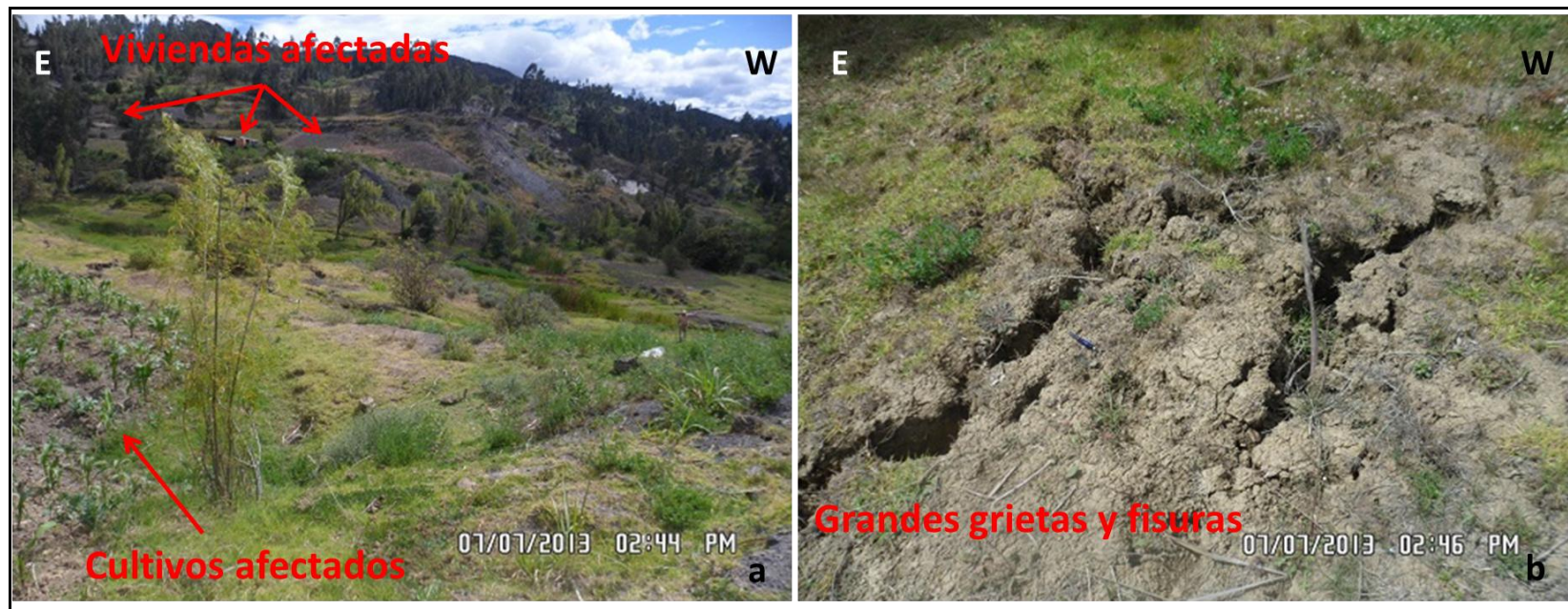
La agricultura, es otra actividad afectada, pues los cultivos han sido arrastrados y destruidos debido al avance del material. (Figura 39). Otro punto crítico corresponde a los daños generados sobre la malla vial del sector, la cual en algunos sectores, ha sido destruida, hasta en tres ocasiones. Como medidas de prevención, el recorrido de la nueva carretera ha sido trazado por otros sectores, sin resultados exitosos, pues el actual trazo de esta carretera presenta hundimientos y resaltos en su trazado. (Figura 40).

➤ Municipio de El Cocuy:

El municipio de El Cocuy, corresponde a una zona de abundantes recursos hídricos, pues por el área de este municipio recorren diferentes cañadas, quebradas y ríos que nacen directamente al sur de la Sierra Nevada del Cocuy, los cuales discurren por diferentes laderas, taludes y escarpes.

Lo anterior genera procesos de socavación en la base de estos y propicia el movimiento del material ladera abajo, reflejando que el factor detonante para la ocurrencia de estos movimientos en masa en este sector corresponde al agua.

Figura 39. Deslizamiento traslacional planar de grandes dimensiones localizado en la Vereda Chipa Centro, municipio de Chita a) Imagen donde se aprecia, en primer plano, áreas de cultivos arrasadas por el movimiento y al fondo, zonas habitadas las cuales se encuentran afectadas. b) Grandes grietas y fisuras presentes en el área.



Fuente: Autor.

Figura 40. Daño generado sobre la malla vial del sector. Nótese el tramo antiguo de la carretera, destruido totalmente por el deslizamiento. Se observa el riesgo generado sobre el nuevo tramo, en el cual ya se presentan hundimiento y resaltos. Vereda Chipa Centro, municipio de Chita.



Fuente: Autor.

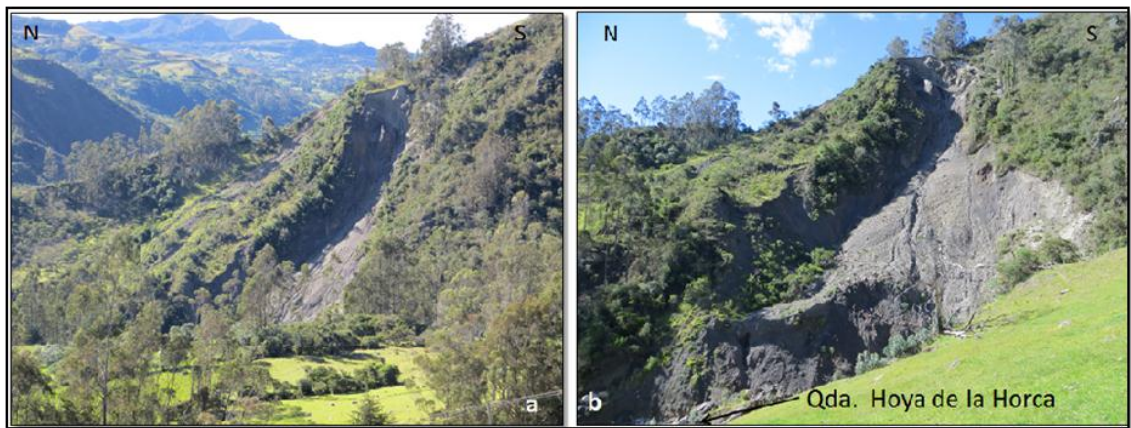
Los movimientos en masa observados, corresponden a deslizamientos traslacionales de tipo rotacional y traslacional; todos ellos de estados activos, con edades entre 3 y 5 años de la fecha de su ocurrencia, correspondiendo con las dos épocas invernales que se presentaron en la zona en los años 2010 y 2011.

Estos procesos se localizan sobre litologías sedimentarias de edades Cretácicas y Paleógenas, evidenciando procesos de meteorización física de grado moderado a intenso, generando material fisurado, triturado y agrietado; aunque también estos movimientos en masa se presentan sobre depósitos cuaternarios.

Estos movimientos en masa están localizados, principalmente sobre los márgenes de quebradas o de los ríos de importancia local (figura 41), representando una amenaza de tipo ambiental por la posibilidad de represar el cauce activo de estos drenajes. .

Estos movimientos en masa presentan procesos erosivos de intensidades moderadas a severas, con desarrollo de surcos y cárcavas; esto, junto a la acción de algunos agentes contribuyentes como la erosión pluvial y, en algunos sectores la erosión de tipo fluvial y los procesos de socavación, se constituyen en las principales causas del movimiento de estos materiales ladera abajo, los cuales son detonados por algunos agentes exógenos, especialmente las precipitaciones.

Figura 41. a) Deslizamiento traslacional planar compuesto por detritos y roca, en márgenes de la quebrada Hoya de la Horca. b) Imagen donde se observa que, debido a la cantidad de material desplazado por el movimiento, este puede llegar a represar dicha quebrada. Vereda El Carrizal, municipio de El Cocuy.



Fuente: Autor.

➤ Municipio de Jericó:

El municipio de Jericó se encuentra afectado por fuertes procesos erosivos, siendo común encontrar taludes descubiertos, poco estables y en constante movimiento a lo largo de toda su extensión.

Este municipio presenta movimientos en masa de grandes dimensiones, ubicados principalmente en el centro poblado de Cheva, localizados sobre la vía que del casco urbano de Chita conduce a la cabecera municipal de Jericó, correspondientes a deslizamientos de tipo rotacional, traslacional y flujos de material (avalanchas), sin predominio de ninguno de ellos, constituidos principalmente por detritos y rocas, localizados sobre material sedimentario de edades cretácicas con predominio de litologías consolidadas correspondientes a lodolitas oscuras fisibles pertenecientes a la formación Chipaque o Capacho, evidenciando procesos de meteorización de intensidades moderadas a severas, generando material fisurado y agrietado.

Las causas de estos movimientos en masa, corresponden a la acción generada por diferentes tipos de agentes, tanto detonantes como contribuyentes; como ejemplo de estos últimos factores, encontramos procesos de socavación y de erosión de tipo fluvial, ejercida por los cauces de los diferentes drenajes presentes en la zona, mientras las precipitaciones actúan como agente desencadenante de estos procesos.

Estos procesos desarrollan erosión de tipo surcos, cárcavas, hondonadas y tierras malas (badlands), de intensidades severas. Todo lo anterior genera que todos estos movimientos en masa aún se encuentren activos y desplacen cada vez, mayor cantidad de material, lo que puede acarrear daños más graves en el medio circundante.

Un claro ejemplo de los procesos observados, corresponde con aquel registrado en el centro poblado de Cheva; un deslizamiento de tipo rotacional, junto a flujos de material que alcanza dimensiones mayores de 420 metros de longitud total, de morfología ligeramente ondulada, asociados a material detrítico de origen sedimentario, los cuales se encuentran conformados por lodolitas altamente diaclasadas de la formación Chipaque o Capacho, afectadas por una serie de lineamientos con rumbo noreste. (Figura 42).

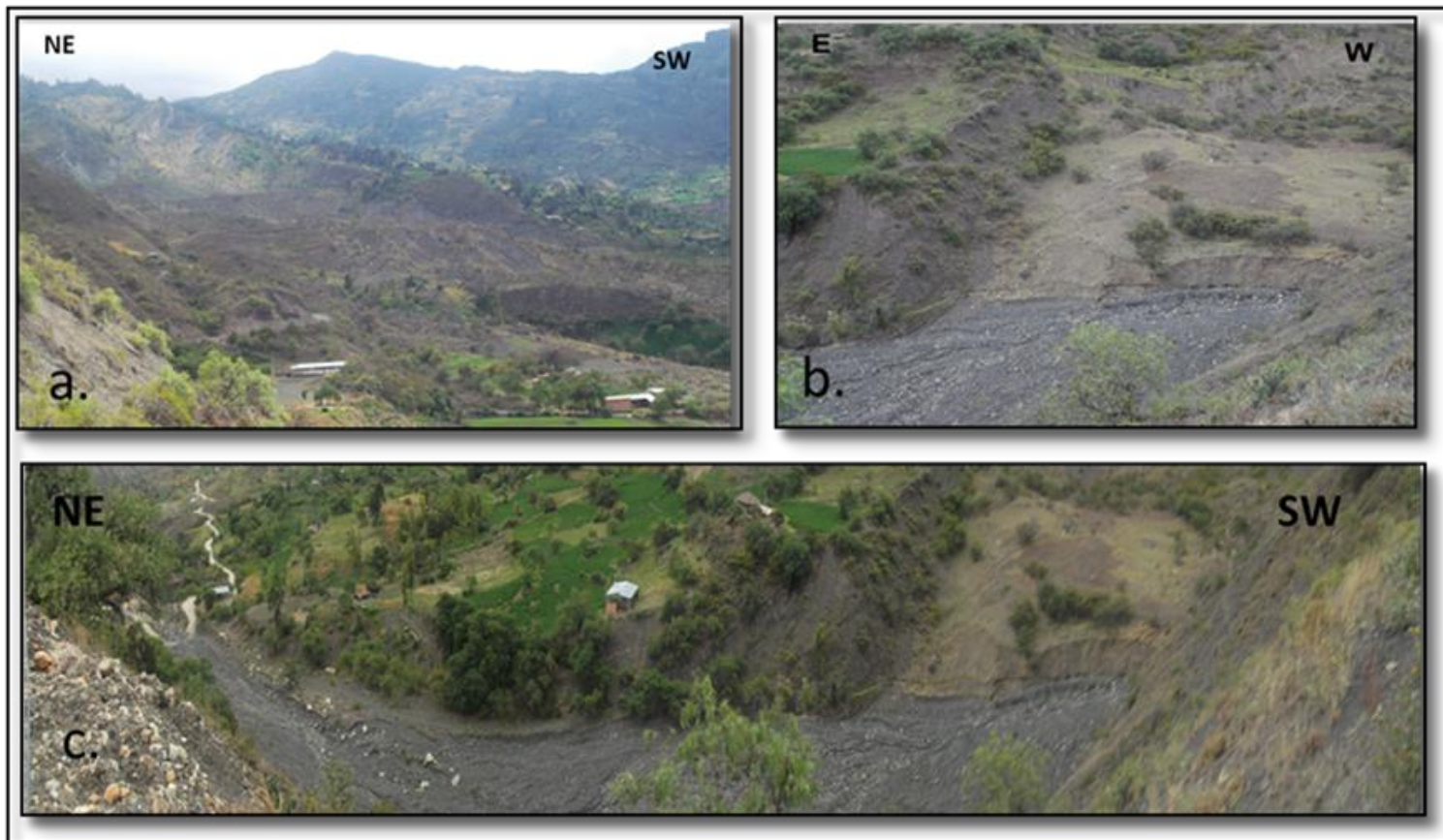
El deslizamiento ha desplazado grandes cantidades de material que han afectado a las instituciones educativas, los corredores viales y han generado daños en el sector agrícola.

➤ Municipio de La Uvita:

La cobertura del suelo en este municipio corresponde a vegetación herbácea y pastos en su mayoría, los cuales son utilizados para el desarrollo de la ganadería, y la agricultura, así como para el establecimiento de centros poblados. El desarrollo de estas actividades, causan en algunas ocasiones, el debilitamiento de la pared de roca y dejan al descubierto el talud, propiciando el movimiento del material, como sucede en la vereda San Ignacio, donde funciona una cantera para la extracción de arenas (figura 43).

Los movimientos en masa predominantes en este sector corresponden a deslizamientos de tipo traslacionales y rotacionales, constituidos, principalmente por detritos y rocas, con predominio de este último tipo de material, ubicados sobre material sedimentario de edades Paleógenas, correspondiente a la Formación Areniscas de Socha. Estos procesos se localizan principalmente en las zonas rurales, cuya edad de ocurrencia se encuentra en un intervalo menor a 5 años, representando principalmente por las olas invernales de los años 2010 y 2011.

Figura 42. a) Panorámica del movimiento donde se aprecia el trayecto que el material desplazado ha recorrido. b). Parte superior del deslizamiento donde se observa el flujo de rocas. c. Daño generado por el flujo de rocas a la vía que comunica al centro poblado de Cheva con el casco urbano de Jericó. Vereda Cheva, municipio de Jericó.



Fuente: Autor.

La geología estructural es un factor preponderante entre los factores que originan estos movimientos en masa, debido a que muchos de estos procesos se encuentran influenciados por fallas satélites, los cuales junto a procesos erosivos (fluviales y pluviales) y a las precipitaciones, originan el debilitamiento de las estructuras, generando que los materiales constituyentes se desplacen ladera abajo.

Figura 43. Deslizamiento traslacional junto a ciada de roca; procesos que dejaron el talud expuesto y en donde se desarrolla la actividad económica de la minería. Vereda San Ignacio. Municipio de La Uvita.



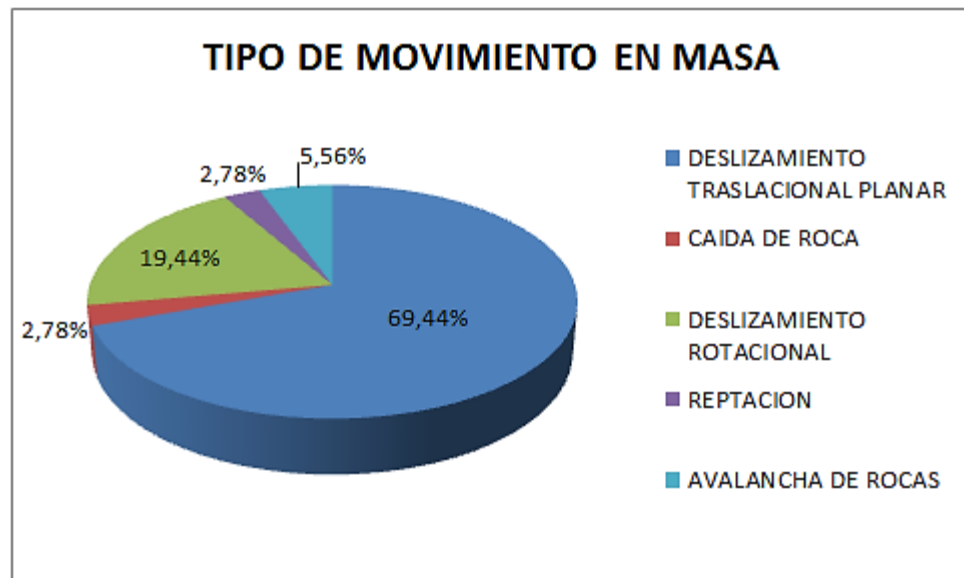
Fuente: Autor.

A continuación se presentan gráficos y datos estadísticos sobre las principales características de los movimientos en masa descritos anteriormente. Tal información genera una visión más sintetizada de acuerdo a los siguientes parámetros: Tipo y subtipo de movimiento, la actividad del movimiento (estado,

estilo y distribución), cobertura y uso del suelo, causas del movimiento, material constituyente y unidad geológica superficial, así como también el tipo y el estado de la erosión.

- Tipo de movimiento en masa: El tipo de movimiento en masa predominante en la zona corresponde a deslizamientos de tipo traslacional planar en mayor proporción (Figura 44), y de tipo rotacional en menor número, mientras los demás movimientos en masa observados en el sector (caída, avalancha de rocas, y reptación) representan porcentajes muy bajos.

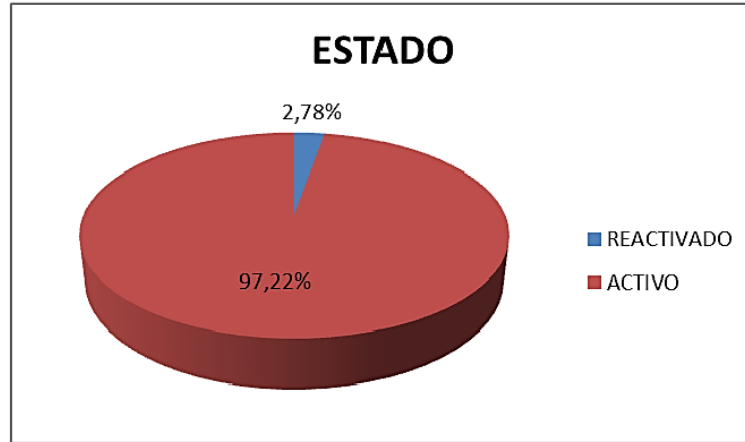
Figura 44. Tipo y subtipo de movimientos en masa.



Fuente: Autor.

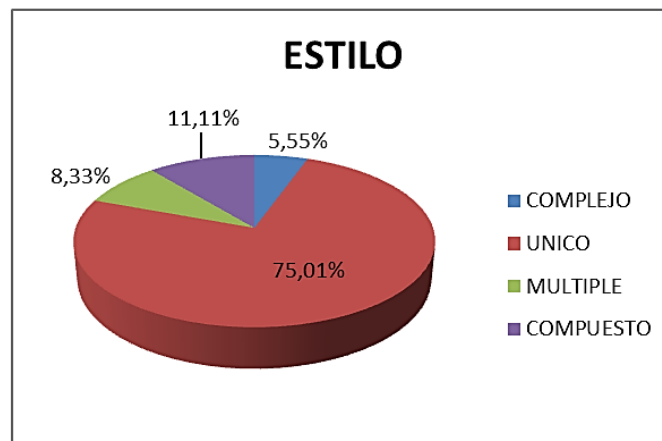
- Actividad del movimiento: Como actividad del movimiento se definen las características de estado, estilo y distribución. En los procesos morfodiámicos observados predominan los estados activos, estilos únicos, y distribuciones ensanchadas. (Figuras 45, 46 y 47).

Figura 45. Estado del movimiento



Fuente: Autor.

Figura 46. Estilo del movimiento.

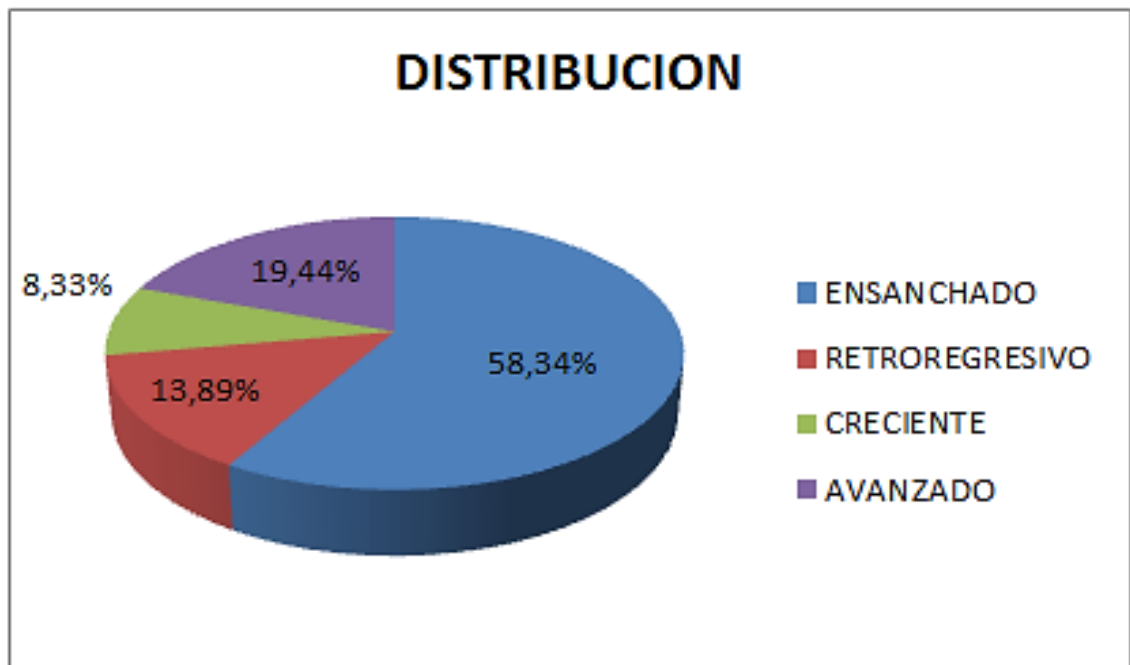


Fuente: Autor.

- Cobertura y uso del suelo: El área cubierta por los movimientos en masa del sector de interés presenta una buena cobertura vegetal, en donde predominan la vegetación herbácea y los pastos (figura 48), sin embargo el 39,86% no presenta un uso concreto del suelo. En otras zonas, la cobertura vegetal es propicia para el desarrollo de algunas actividades económicas, dentro de las cuales se encuentran la ganadería (bovina principalmente, pero también existe

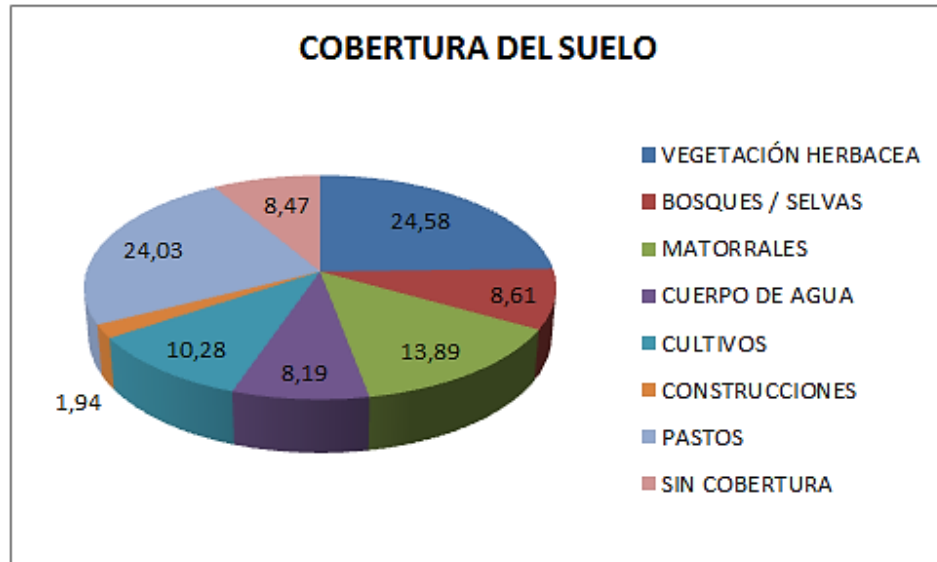
la ganadería equina y ovina), la agricultura (diferentes tipos de cultivos pertenecientes a clima que varían desde templado hasta frío, como por ejemplo maíz, papa, café y tomate, entre otros), así como zonas utilizadas para la construcción de vivienda (representado en los diferentes asentamiento de la población, predominando los asentamientos de tipo rural sobre los de tipo urbano). (figura 49)

Figura 47. Diagrama representativo de la distribución del movimiento en masa.



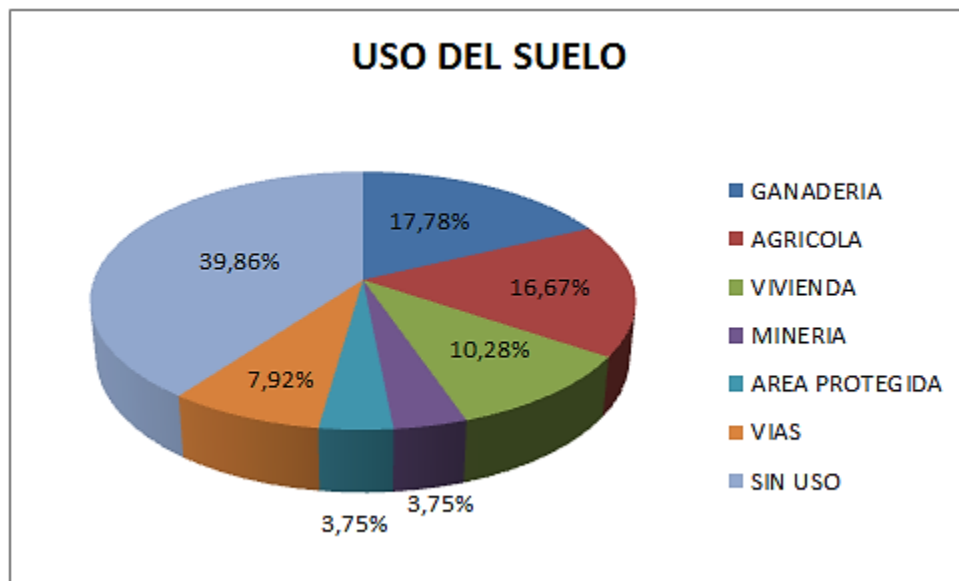
Fuente: Autor.

Figura 48. Representación porcentual de la cobertura del suelo.



Fuente: Autor.

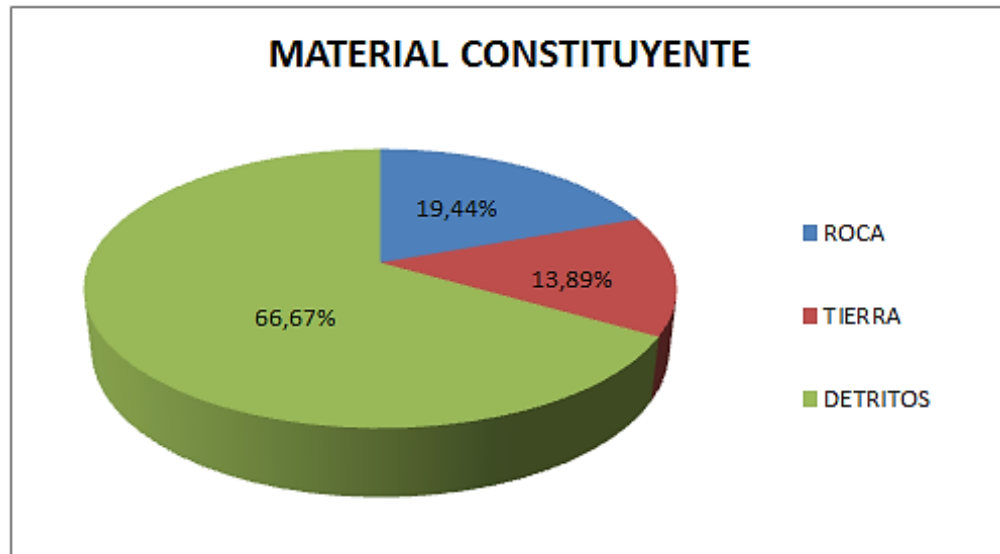
Figura 49. Uso del suelo.



Fuente: Autor.

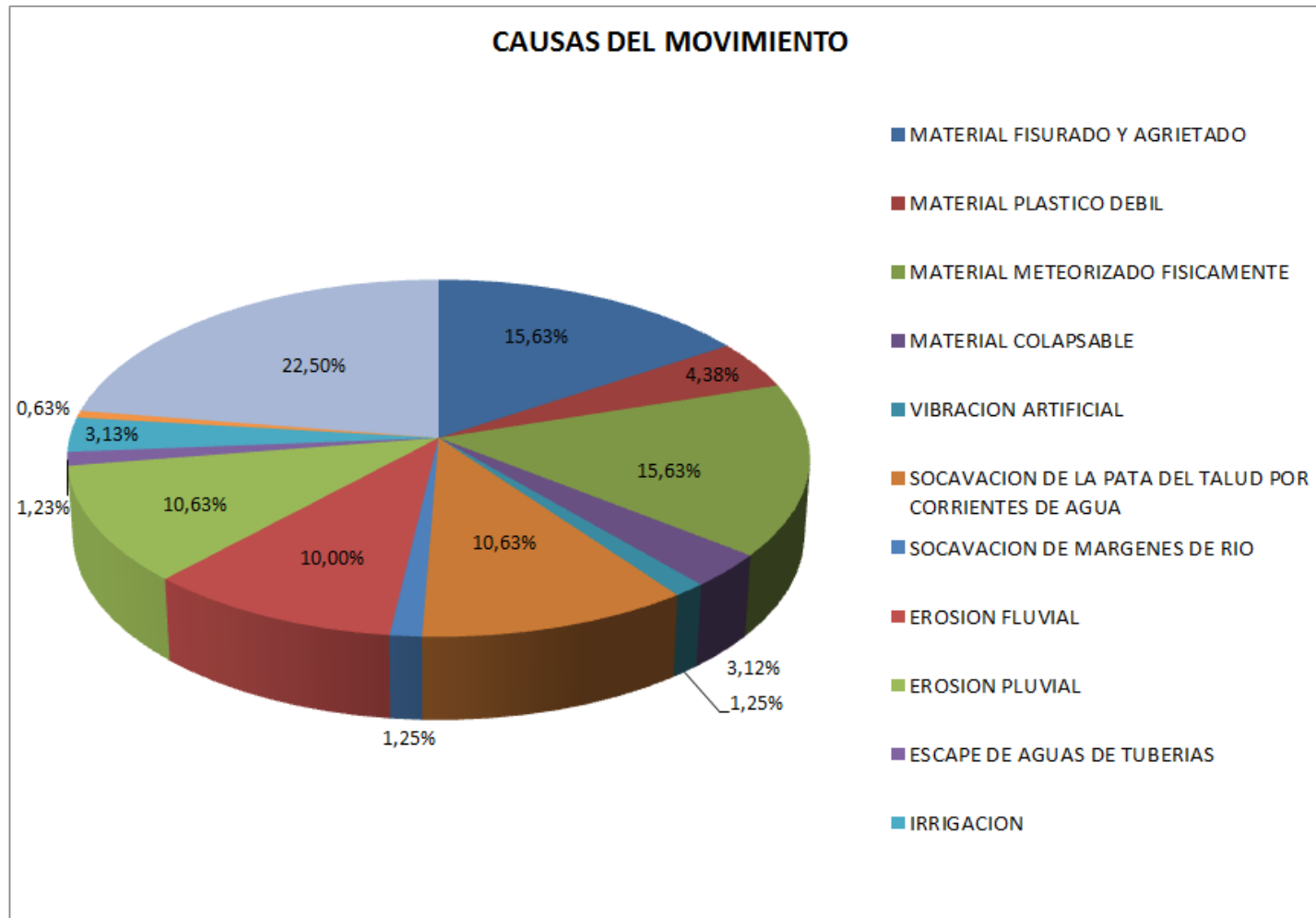
- **Material constituyente:** El material constituyente de los movimientos en masa del sector, corresponde esencialmente a detritos, los cuales representan mayores porcentajes que los otros materiales. (Figura 50).
- **Causas de movimiento:** Las principales causas que originan los movimientos en masa del sector, corresponden a las precipitaciones, como factor detonante; material fisurado y agrietado, junto a material meteorizado físicamente como factores inherentes; mientras que por los agentes contribuyentes predominan la socavación de la pata del talud y la erosión pluvial. (Figura 51)

Figura 50. Material constituyente en el área de estudio.



Fuente: Autor.

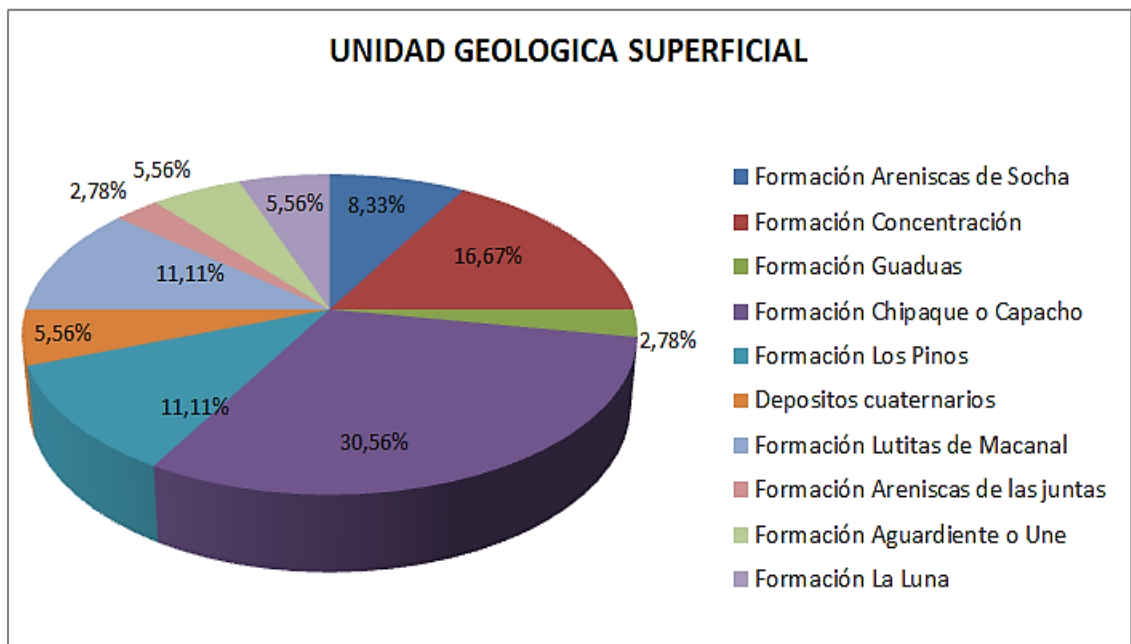
Figura 51. Causas de ocurrencia de movimientos en masa.



Fuente: Autor.

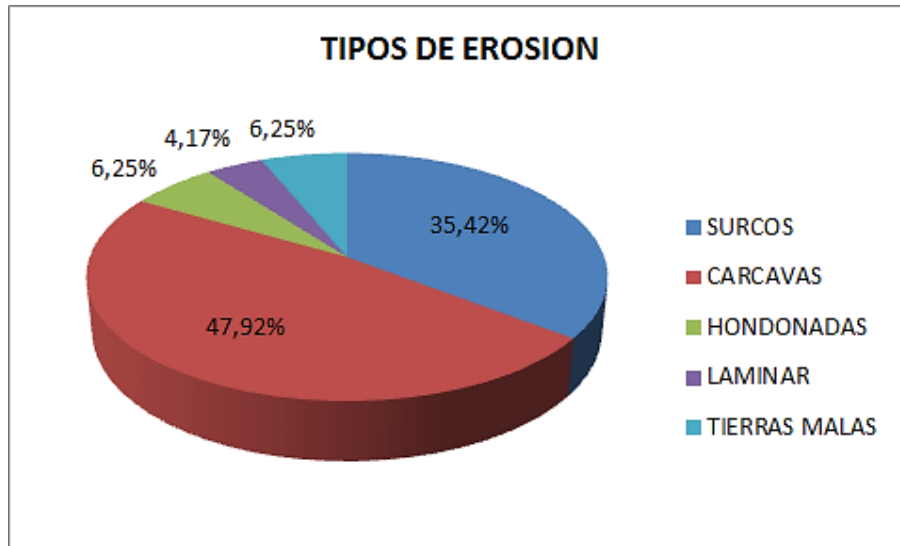
- Unidad geológica superficial: Los sedimentos cretácicos correspondiente a la formación Chipaque o Capacho, representan la litología predominante de estos procesos, seguido de las formaciones Concentración, Los Pinos y Lutitas de Macanal. (Figura 52).
- Erosión: La erosión se analiza de acuerdo al tipo e intensidad de la misma. El tipo de erosión predominante de los movimientos en masa en el área de estudio (plancha 153) corresponde a cárcavas, las cuales presentan un grado de intensidad, principalmente severa o alta. (Figuras 53 y 54).

Figura 52. Unidad geologica superficial presnete en el área de estudio.



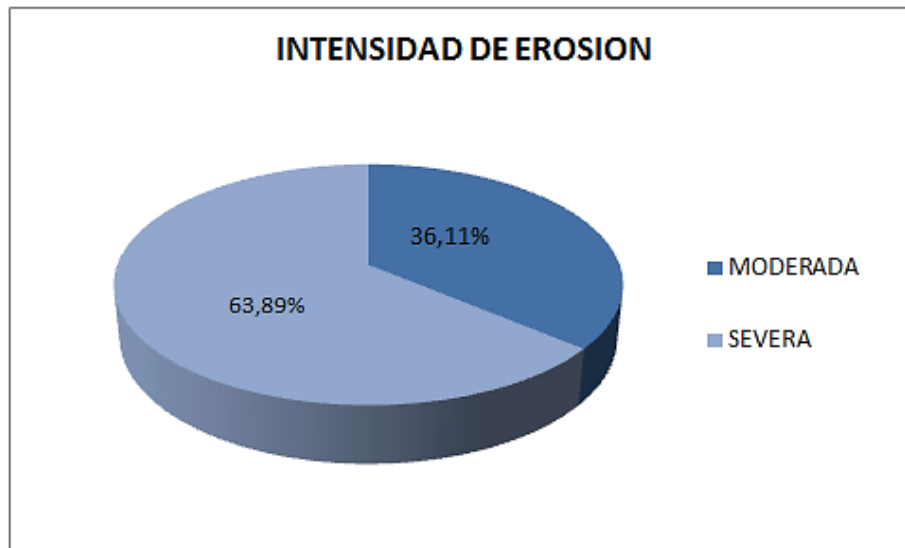
Fuente: Autor.

Figura 53. Tipo de erosión.



Fuente: Autor.

Figura 54. Intensidad de erosión.



Fuente Autor.

5.2 MORFOGENESIS

Para la descripción de la variable morfogenética en el área de estudio, se procedió a caracterizar las diferentes geoformas presentes dentro de cada una de las planchas que conforman la zona de interés. Para tal fin, estas unidades geomorfológicas fueron clasificadas y cartografiadas, de acuerdo a sus principales rasgos morfológicos de cada una de ellas y a su ambiente de origen. A continuación una breve descripción de los ambientes morfogenéticos presentes:

- **Geoformas de origen denudacional:** Las geoformas de origen denudacional corresponden a aquellas geoformas originadas por procesos de meteorización, erosión, transporte y deposición de materiales por parte de agentes pluviales, gravitacionales o ambos, actuando sobre las geoformas preexistentes y modificándolas en diferentes grados de intensidad.
- **Geoformas de origen fluvial y lagunar:** Se agrupan bajo este nombre todas aquellas geoformas originadas por la acción de las corrientes de los drenajes presentes en el área. Las unidades de origen fluvial y lagunar deben sus formas a los procesos de erosión, transporte y deposición de materiales por parte de la acción hídrica de los cauces.
- **Geoformas de origen morfoestructural:** Las geoformas de origen morfoestructural son generadas gracias a la dinámica interna de la Tierra, asociado a plegamientos, fallamientos y levantamientos, los cuales a pesar, de estar afectados, en diverso grado por diferentes procesos de denudación, aún conservan rasgos reconocibles de las estructuras originales.
- **Geoformas de origen glacial y periglacial:** Dentro de estos ambientes se ubican las geoformas originadas por procesos de erosión y sedimentación

producida en las partes altas de las cadenas montañosas o en zonas periglaciares, las cuales generaron grandes cantidades de sedimentos, que fueron acumuladas en las laderas adyacentes a estas geoformas.

Las características a describir de cada geoforma son aquellas requeridas en los registros de captura de datos en campo correspondientes a la variable morfogenética, consignada en el capítulo 2,3,3 del presente informe.

Las rutas de recorrido y las estaciones realizadas para tal fin, se pueden apreciar en el anexo E, para la plancha 137, El Cocuy, y en el anexo F, para la plancha 153, Chita.

5.2.1 Plancha 137, El Cocuy La zona enmarcada por la plancha 137, El Cocuy, se caracteriza por ser un área de topografía muy abrupta y poseer un relieve bastante montañoso, destacándose la presencia de la Sierra Nevada del Cocuy, en donde se localiza el Nevado Ritacuba Blanco (5.943 m.s.n.m.), constituyéndose este último, en el punto más alto de la Cordillera Oriental Colombiana.

Debido a lo anterior, el área de interés presenta un fuerte control glaciar, con un gran número de geoformas típicas de este ambiente, como por ejemplo los circos glaciares, los valles en U, los extensos depósitos de tipo fluvio-glaciares y morrénicos y la gran cantidad de lagos y lagunas de tipo glaciar. Todas estas unidades que conforman el paisaje glaciar del área se localizan principalmente hacia el sector central del área de estudio (Área de la Sierra Nevada del Cocuy y sus alrededores).

Sin embargo, en el área de estudio, también se localizan geoformas pertenecientes al ambiente morfoestructural, generadas por la dinámica interna de la Tierra y relacionadas con deformaciones y plegamientos de la cobertura

sedimentaria, ubicadas en el borde occidental (Zona este del Macizo de Santander) y en el costado oriental (asociados a fallamiento intenso). Las geoformas pertenecientes a estos dos tipos de ambientes, el glaciar y el morfoestructural, son aquellas que cubren la mayor parte del área de la plancha. (Tabla 16).

Estas geoformas, presentan algunas pequeñas modificaciones por efecto de los procesos denudativos que actúan sobre estas unidades y que las afectan en diversos grados de intensidad. También es importante destacar la influencia ejercida por el ambiente fluvial, cuyas geoformas son generadas por procesos de erosión y de depositación por parte de los cursos de agua del sector. Las diferentes geoformas pertenecientes a estos dos tipos de ambientes, el denudacional y el fluvial, representan un área muy pequeña dentro del área de interés.

El mapa de las unidades geomorfológicas presentes en la zona de interés (plancha 137, El Cocuy) se puede observar en el anexo G.

GEOFORMAS DE ORIGEN DENUDACIONAL

Las geoformas de origen denudacional, se distribuyen de forma heterogénea en toda la zona de estudio; sin embargo, algunas de ellas, representan extensiones inferiores a 4 hectáreas, razón por lo cual, a esta escala de trabajo, no alcanzan a ser cartografiables. Estas unidades, en el área de interés corresponden a: Escarpe de erosión mayor (Deem), Cono de deslizamiento indiferenciado (Ddi) y cono y lóbulo coluvial de soliflucción (Dco), las cuales se describen a continuación.

Tabla 16. Cuadro de unidades geomorfológicas presentes en la plancha 137, El Cocuy con sus respectivos ambientes morfogenéticos.

AMBIENTE	CODIGO	GEOFORMA	%	
DENUDACIONAL (D)	Dco	Cono y lóbulo coluvial de soliflucción	3,728	3,797
	Deem	Escarpe de erosión mayor	0,052	
	Ddi	Cono de deslizamiento indiferenciado	0,016	
FLUMIAL Y LAGUNAR (F)	Fcdy	Cono de deyección	0,191	2,764
	Fpac	Planicie aluvial confinada	1,565	
	Fta	Terrazas de acumulación	1,008	
MORFO - ESTRUCTURAL (S)	Sife	Escarpe de línea de falla	1,105	22.305
	Sefc	Espolón faceteado	3,126	
	Sft	Facetas triangulares	0,493	
	Sle	Ladera estructural	1,862	
	Slcp	Ladera contrapendiente	6,644	
	Se	Espinazo	0,291	
	Ssslc	Ladera de contrapendiente de sierra anticlinal	5,552	
	Sssle	Ladera estructural de sierra sinclinal	0,659	
	Ssale	Ladera estructural de sierra anticlinal	2,442	
	Ssan	Sierra anticlinal	0,131	
	GLACIAL Y PERIGLACIAL (G)	Gsalc	Ladera de contrapendiente de sierra anticlinal glaciada	
Gsale		Ladera estructural de sierra anticlinal glaciada	3,159	
Gma		Morrena de ablación	4,439	
Gpgl		Plano Glaciolacustrino	1,434	
Ga		Aguja Glacial	0,197	
Gshlc		Ladera contrapendiente de sierra homoclinal glaciada	0,149	
Gclc		Ladera en contrapendiente de cuesta estructural glaciada	23,843	
Gc		Circo glaciar y de nivación	1,689	
Geglc		Ladera de contrapendiente de espinazo glaciado	2,044	
Gcle		Ladera contrapendiente de cuesta glaciada	16,337	
Gcgf		Cono Glaciofluviales	2,462	
Gflv		Flancos de valle glaciar	5,434	
Gegle		Ladera estructural de espinazo glaciado	2,885	
Gmf		Morrena de fondo	1,803	
Gg	Masa glaciar	0,030		

Fuente: Autor.

➤ **Escarpe de Erosión Mayor (Deem)**

Se definen como escarpes alargados y estrechos, que presentan morfologías colinadas, con índice de relieve moderado, con laderas largas, con inclinaciones muy escarpadas (mayores a 60°) y de formas cóncavas, a veces rectilíneas.

Esta geoforma se localiza en el sureste del municipio de Macaravita, sobre los márgenes del río Nevado, en una zona altamente fallada y replegada, localizada sobre el costado occidental del área de interés, afectada por procesos de socavación debido al cauce de este drenaje.

En la figura 55, se observa esta unidad geomorfológica presentando intensos procesos denudativos con un alto grado de meteorización sobre material sedimentario cementado perteneciente a las areniscas cuarzosas de la formación Aguardiente o Formación Une, evidenciándose caídas y flujos de material de estados activos, con desarrollo de surcos, cárcavas y erosión de tipo laminar de intensidades severas.

➤ **Cono de deslizamiento indiferenciado (Ddi)**

Corresponden a conos o lóbulos de morfología baja, asociados a procesos de movimientos en masa, es decir caída de material (roca, suelo o detritos) ladera abajo (Cruden, 1991 en PMA-GCA, 2007), a lo largo de una superficie de falla o en zonas relativamente delgadas con gran deformación cortante. Caracterizados por relieve irregular, formación de grietas, y cambios súbitos de pendiente.

Estas geoformas fueron observadas en numerosos sectores en la zona de estudio, desarrolladas sobre unidades sedimentarias de edades Cretácicas y Paleógenas, aunque también se presentan sobre depósitos cuaternarios; sin embargo, la mayoría de ellas no fueron cartografiables debido a la poca extensión que presentaban y por la escala de trabajo utilizada para este informe.

Figura 55. Escarpe de erosión mayor (Deem) con presencia de movimientos en masa como caídas y flujos de material, con desarrollo de surcos, cárcavas y erosión de tipo laminar de intensidades severas. Vereda La Bricha. Municipio de Macaravita.



Fuente: Autor.

Un claro ejemplo de estas geoformas son aquellas localizadas en los municipios de Panqueba y Chiscas, correspondientes a deslizamientos traslacionales de gran extensión, compuestos por sedimentos cretáceos de la formación Chipaque o Capacho, de estados activos, afectados por procesos erosivos de intensidades de moderadas a altas, con desarrollo de surcos y cárcavas.

En la figura 56 se presentan ejemplos de esta geoforma, las cuales generan gran cantidad de daños, afectando principalmente a los corredores viales, zonas de cultivo y ganadería, así como a las viviendas de tipo rural del sector. (...ver capítulo 5.1.1, Morfodinámica de la plancha 137, El Cocuy...) En algunos casos, estas geoformas, se presentan adyacentes a los drenajes del sector, razón por la

cual pueden estar afectadas por procesos de socavación y, debido a la cantidad de material desplazado pueden llegar, a futuro, a represar a dichos cauces.

Figura 56. Ejemplos de la unidad deslizamiento indiferenciado (Ddi). a) Deslizamiento traslacional en cuña a orillas del río Chiscano. Vereda Golondrinas. Municipio de Chiscas. b) Deslizamiento traslacional planar que afecta a la ganadería, la agricultura y las viviendas del sector. Vereda La Ovejera. Municipio de Panqueba.



Fuente: Autor.

➤ **Cono y lóbulo coluvial de soliflucción (Dco)**

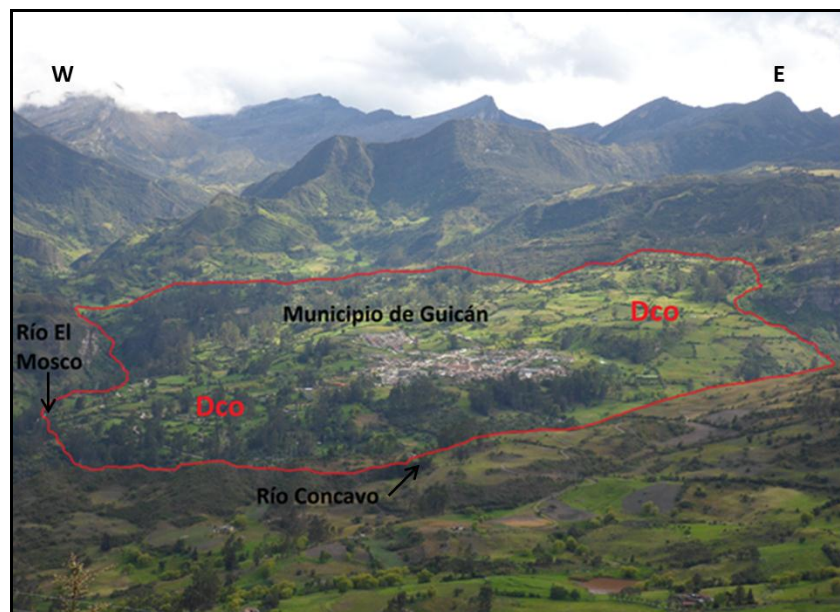
Caracterizados por poseer una topografía irregular en forma de cono o de lóbulo, presenta morfologías colinadas de formas convexas, inclinaciones muy abruptas y longitudes moderadamente largas. Originadas por procesos de transporte y depositación de materiales sobre las laderas y por efecto de procesos hidrogravitacionales, desarrollan bases amplias y pendientes confinadas, características reconocibles de estas geoformas.

Compuestos por grandes fragmentos de rocas preexistentes, embebidos en una matriz generalmente arcillosa a areno limo arcillosa.

Esta unidad se distribuye de forma heterogénea a lo largo de toda el área de interés; sin embargo algunas de estas geoformas no fueron cartografiadas, debido a la escala de trabajo empleada.

Un claro ejemplo de cono y lóbulo coluvial se ubica hacia el costado sur del área de interés, ubicándose sobre esta geoforma el casco urbano del municipio de Guicán, como se aprecia en la figura 57. Cubierta, en su mayoría por pastos, esta unidad es utilizada para el desarrollo de actividades económicas como la ganadería y la agricultura, así como el desarrollo de una malla vial que sirva de comunicación a dicho municipio. Desarrollando un patrón de drenaje subdendrítico, moderadamente denso, esta geoforma presenta movimientos en masa, como por ejemplo deslizamientos traslacionales, reptación de suelos y flujos de detritos, los cuales son de pequeñas extensiones.

Figura 57. Casco urbano de Guicán ubicado sobre la unidad cono y lóbulo coluvial de solifluxión (Dco), delimitado por los ríos El mosco y el río Cóncavo.



Fuente: Autor.

GEOFORMAS DE ORIGEN FLUVIAL Y LAGUNAR

Las unidades geomorfológicas de origen fluvial y lagunar, se localizan en zonas adyacentes a los principales drenajes de la zona, como el río Cóncono, río Chiscano, río Casiano, río Pajarito, Río Nevado y río Pantano Grande. Debido a la ubicación del área de interés en una zona con una red hidrográfica bastante densa, estas unidades son numerosas, sin embargo, algunas de ellas, representan dimensiones muy pequeñas (extensiones inferiores a 4 hectáreas) y debido a la escala de trabajo utilizada no alcanzan a ser cartografiables. Las geoformas del ambiente fluvial y lagunar presentes en la zona de estudio son: Terraza de acumulación (Fta), Planicie aluvial confinada (Fpac) y cono de deyección (Fcdy), las cuales son caracterizadas a continuación.

➤ **Terraza de Acumulación (Fta)**

Las terrazas de acumulación corresponden a zonas planas o de suave inclinación (menores a 10°), de longitudes variables y formas rectilíneas, las cuales se presentan de forma paralela a los cauces presentes en la zona y se encuentran limitadas por escarpes de diferentes alturas.

En el área de interés, estas geoformas, se localizan de forma dispersa, ubicados principalmente hacia el sector occidental (municipios de Macaravita, El Espino y Chiscas) y en el sector oriental (municipio de Guicán), todas ellas moldeadas sobre sedimentos aluviales.

Las terrazas de acumulación más representativas del área se caracterizan por su morfología colinada, índices de relieves bajos, y longitudes moderadamente largas, las cuales están cubiertas en su mayoría por pastos, y son utilizadas, principalmente para actividades de tipo económicos como la agricultura y la ganadería, aunque también se destaca otros usos, como por ejemplo las

construcciones, como es el caso del casco urbano de Chiscas y el cementerio del mismo municipio, los cuales se ubican sobre este tipo de geoformas, como se observa en la figura 58.

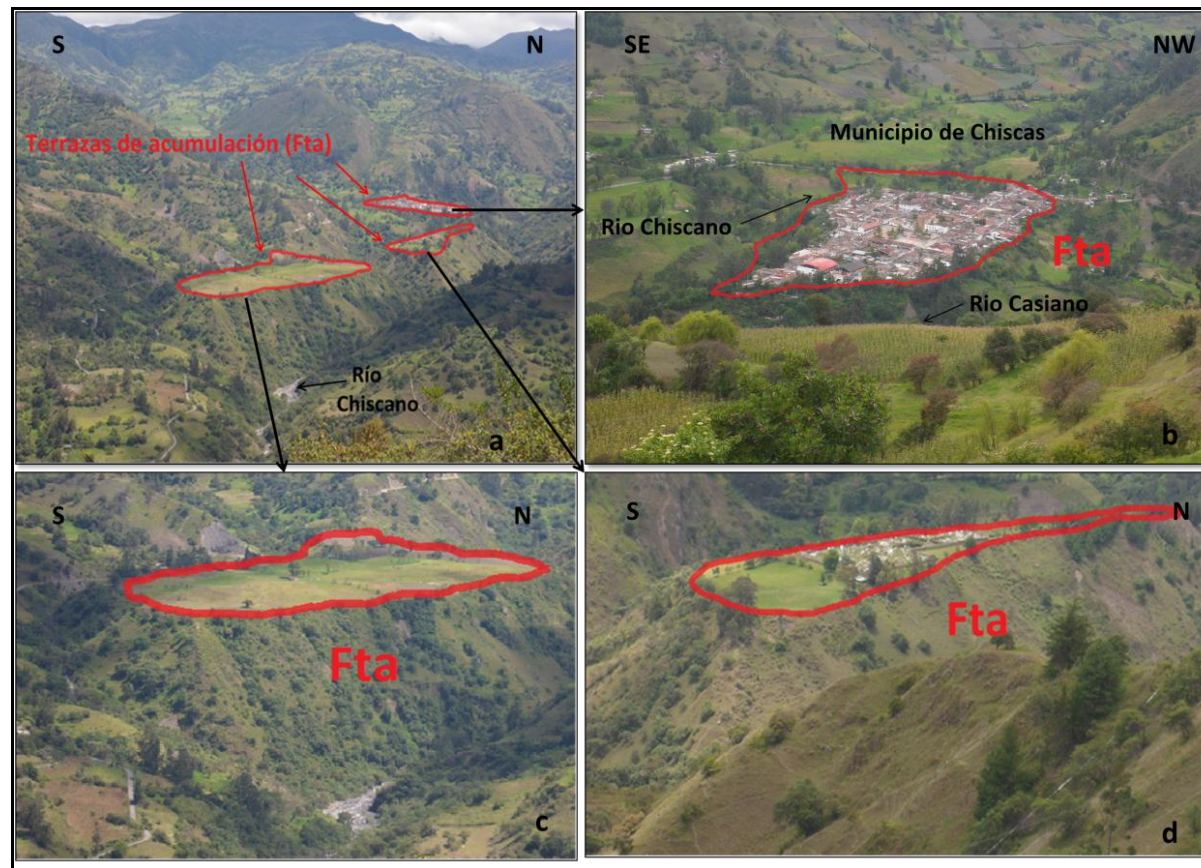
Las terrazas de acumulación se asocian con otra geoforma como son los escarpes de terraza de acumulación (Ftae), unidad que no alcanzan a ser cartografiables, debido a la escala de trabajo utilizada. Sin embargo, sobre ella se presentan pequeños movimientos en masa correspondientes a caídas y flujos de material, con desarrollo de surcos, cárcavas y erosión de tipo laminar con un grado de intensidad de moderada a intensa (figura 59).

➤ **Planicie aluvial confinada (Fpac)**

Corresponde a una zona constituida por material aluvial, de morfología plana, muy estrecha, en forma de “U” y eventualmente inundable. Se encuentra limitada por sierras estructurales, que bordean los cauces fluviales, en donde se observa el estrangulamiento del mismo.

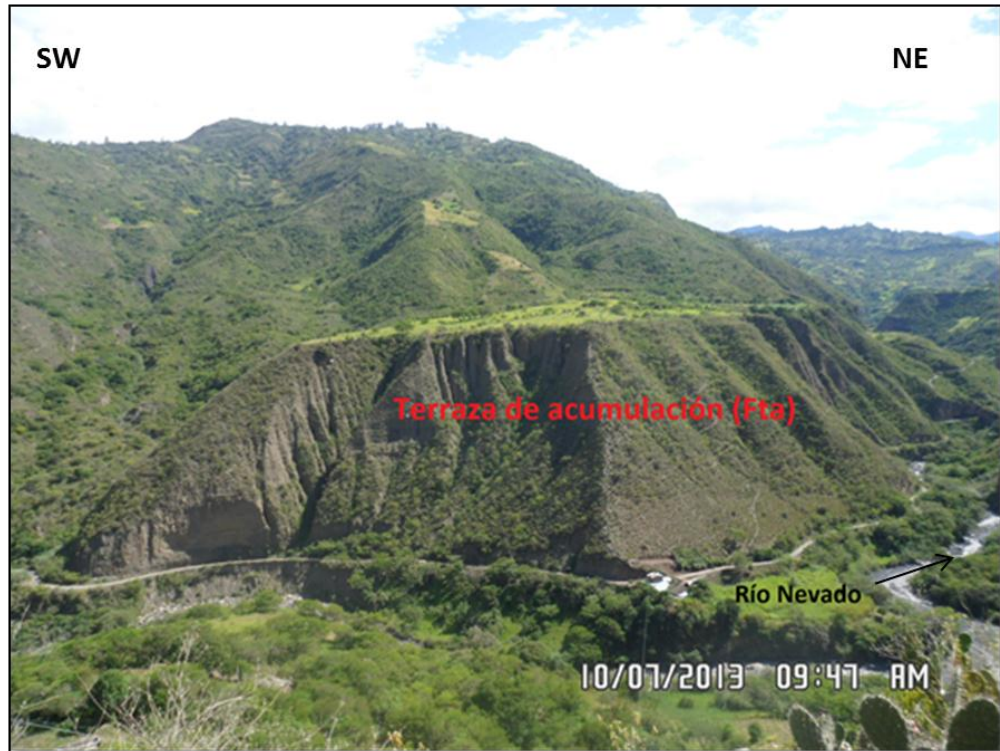
En el área de estudio, esta geoforma se ubica hacia el sector noroccidental, en los municipios de Carcasi, y en el sector oriental, en el municipio de Guicán.

Figura 58. a) Terrazas de acumulación sobre los márgenes del río Chiscano en el municipio de Chiscas. b) Terraza de acumulación sobre la cual se construyó el casco urbano de Chiscas. c) Usos de ganadería y agricultura sobre esta geoforma. d) Esta unidad también fue utilizada para ubicar el cementerio de dicho municipio.



Fuente: Autor.

Figura 59. Terraza de acumulación a orillas del río Nevado, donde se presentan intensos procesos erosivos sobre su escarpe, con desarrollo de surcos, y cárcavas, de intensidades moderada a intensa Vereda La Bricha. Municipio de Macaravita.



Fuente: Autor.

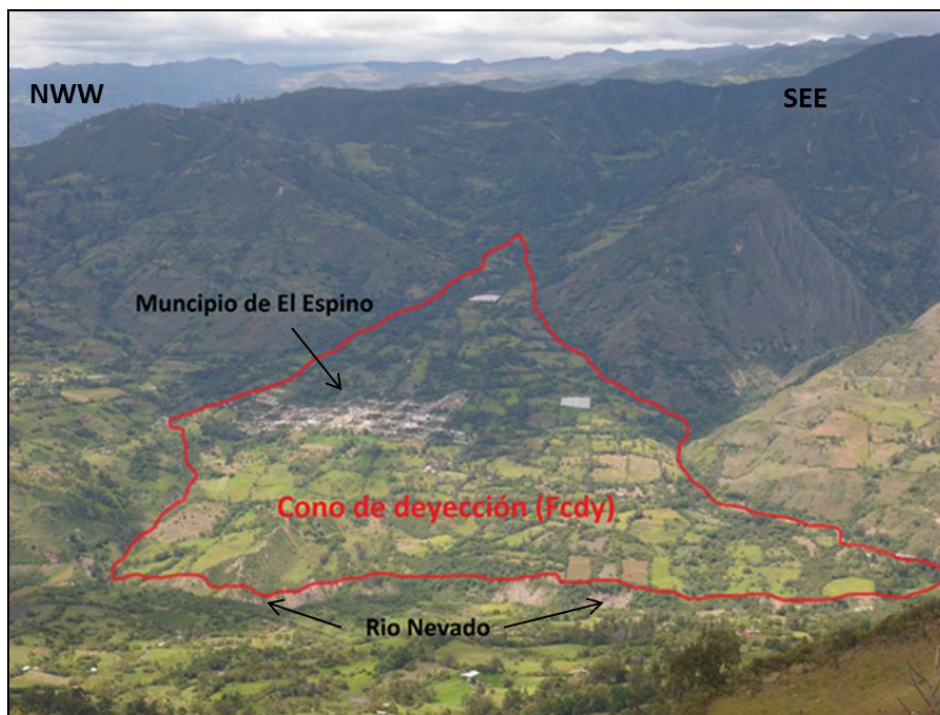
➤ **Cono de deyección (Fcdy)**

Geoforma fácilmente reconocible por su forma de cono, caracterizados por ser superficies de morfologías alomadas con inclinaciones desde planas hasta muy inclinadas (de 5° a 15°), de longitudes moderadamente largas, con índices de relieves bajos y de formas rectilíneas y convexas. Se encuentran ubicados en el punto donde los canales o quebradas llegan a zonas de valles amplios y están constituidos por tierras, arena y grava.

Esta geoforma se localiza principalmente hacia el sector suroccidental del área de estudio, particularmente en los municipios de El Espino y Panqueba, donde sus cascos urbanos se encuentran ubicados sobre esta geoforma. (Figuras 60 y 61).

Los conos de deyección se caracterizan por presentar una buena cobertura vegetal (vegetación herbácea y pastos principalmente), los cuales son usados, además de la construcción de centros poblados, para las actividades económicas de ganadería y agricultura, así como para el trazado de algunas vías de comunicación. Presentan movimientos en masa, asociados principalmente a deslizamientos de tipo traslacional y reptación de suelo, con desarrollo de terracetas tipo “patas de vaca” debido al sobrepastoreo de ganado vacuno.

Figura 60. Cono de deyección (Fcdy), el cual fue aprovechado para la construcción del casco urbano del municipio de El Espino. Imagen tomada desde la vereda la Laguna en el municipio de Guacamayas.



Fuente: Autor.

Figura 61. Cono de deyección (Fcdy), donde se localiza el casco urbano del municipio de Panqueba. Nótese el control fluvial ejercido por los diferentes drenajes de la zona. Foto tomada desde la vereda Chivechi en el municipio de Guacamayas.



Fuente: Autor.

GEOFORMAS DE ORIGEN MORFOESTRUCTURAL

Las unidades reconocibles pertenecientes a este ambiente son las siguientes: Facetas triangulares (Sft), Espolón faceteado (Sefc), Espinazo (Se), Ladera de contrapendiente de sierra sinclinal (Ssslc), Ladera estructural (Sle), Escarpe de línea de falla (Slfe), Ladera contrapendiente (Slcp), Ladera estructural de sierra anticlinal (Ssale), y Ladera estructural de sierra sinclinal (Sssle). Estas unidades serán descritas a continuación:

➤ **Facetas Triangulares (Sft)**

Las facetas triangulares se definen como superficies abruptas, planas y rectas, fácilmente reconocibles gracias a su forma amplia en la base y aguda en su cresta, es decir forma triangular, aunque en algunos casos esta forma puede ser trapezoidal.

Esta geoforma se ubica hacia los sectores surorientales (municipio de Tame) y nororientales (municipio de Guicán) del área de estudio, localizada sobre las laderas orientales al trazo de la falla de Sácama, desarrollados sobre sedimentos del Cretáceo inferior correspondientes a la formación Río negro o Grupo Caqueza.

Esta unidad se asocia a zonas de fallamiento intenso, generalmente observable junto a otro tipo de geoforma como son los espolones faceteados (Sefc), los cuales también se presentan en áreas con un fuerte control estructural.

Debido a la inaccesibilidad en la zona, estas geoformas se cartografiaron mediante la fotointerpretación de imágenes Landsat, junto a mapas topográficos, mapas geológicos, mapas geomorfológicos, mapa de pendientes y mapas de sombras (figura 62).

➤ **Espolones Faceteados (Sefc)**

Esta geoforma se define como sierras de morfología montañosa o colinada que presentan laderas con inclinaciones desde abruptas a escarpadas, de longitudes que varían de largas a moderadamente largas, de formas rectas y de crestas agudas, que definen en sus flancos laderas en formas trapezoidales o triangulares.

Esta unidad se localiza en el margen oriental del área de estudio, dispuesta en dirección E – W en el municipio de Tame y en dirección N – S en el municipio de

Guicán, ubicándose en las laderas orientales adyacentes al trazo de la falla de Sácama. Estas geoformas se asocian con otro tipo de unidades, como las facetas triangulares (Sft), también asociadas a fallamiento intenso, debido al control estructural.

Debido a la inaccesibilidad en la zona, estas geoformas se cartografiaron mediante la fotointerpretación de imágenes Landsat, junto a mapas topográficos, mapas geológicos, mapas geomorfológicos, mapa de pendientes y mapas de sombras (Figura 62).

Figura 62. Facetas triangulares (Sft) y espolones faceteados (Sefc) ubicados sobre las laderas orientales al trazo de la falla de Sácama, en el margen suroriental de la plancha 137, en el municipio de Tame, departamento de Arauca.



Fuente: Tomado y modificado de Google Earth.

➤ **Espinazo (Se)**

Representan sierras elongadas, las cuales pueden ser simétricas o asimétricas, caracterizadas por poseer crestas agudas a redondeadas, presentar una morfología montañosa o alomada, cuyas laderas se inclinan con una pendiente que varía de abrupta a muy escarpada, y de formas irregulares. Esta unidad se encuentra definida por intercalación de estratos de roca de diferente consistencia, dispuestos en una ladera estructural en un patrón escalonado de lajas triangulares o chevrones labrados.

Los espinazos presentes en el área de estudio se observan principalmente en hacia el sector suroccidental, en el municipio de San Mateo.

➤ **Ladera de Contrapendiente de Sierra Sinclinal (Ssslc)**

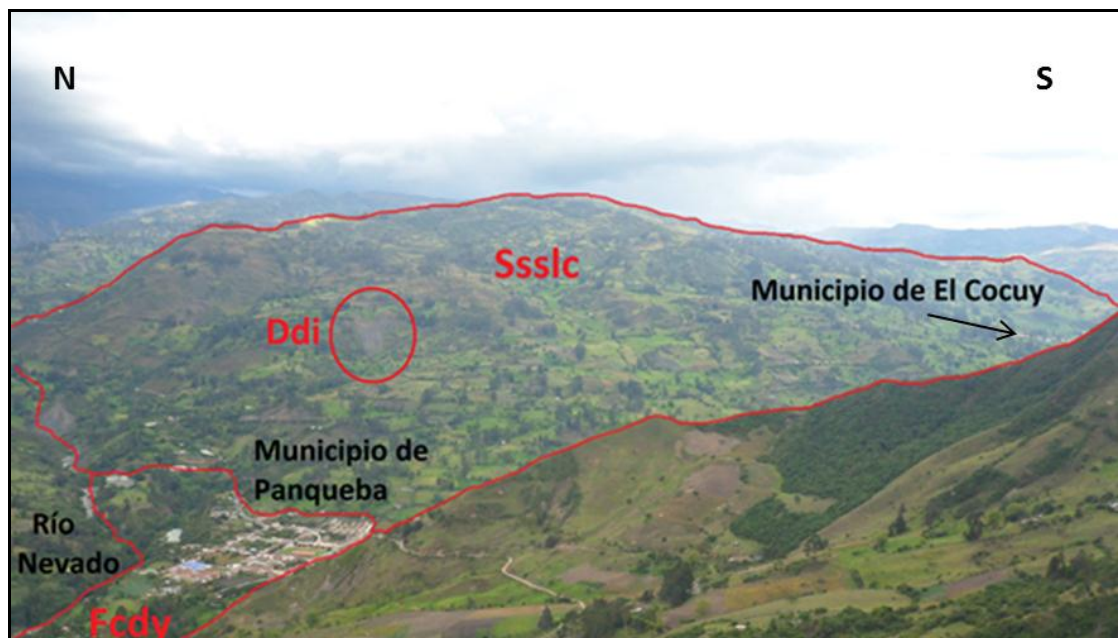
Corresponde a una ladera asociada a una estructura mayor, en este caso, estructuras sinclinales, caracterizada por presentar relieve de tipo montañoso, índice de relieve moderado, de laderas convexas, escarpadas y muy largas, cuyos estratos se inclinan en contra de la pendiente natural del terreno.

Esta unidad está localizada hacia el sector sur y en el margen occidental del área de interés, distribuida en los municipios de Chiscas, Panqueba y El Cocuy.

La figura 63 muestra una ladera de contrapendiente de sierra sinclinal, ubicada en el municipio de El Cocuy, localizada sobre material sedimentario correspondiente a la Formación Chipaque o Capacho, desarrollando un patrón de drenaje subparalelo de densidad moderada y presentando una buena cobertura vegetal (pastos en su mayoría), utilizados para el desarrollo de algunas actividades económicas como son la ganadería y la agricultura; sin embargo esta unidad también es utilizada para el asentamiento de centros poblados, como sucede con la cabecera municipal de El Cocuy.

Esta unidad geomorfológica, presenta numerosos procesos de movimientos en masa, como por ejemplo deslizamientos traslacionales y flujos, de estados activos, con desarrollo de surcos, cárcavas y erosión de tipo laminar de intensidades severas. Uno de estos procesos representa una extensa área, razón por la cual fue cartografiado como cono de deslizamiento indiferenciado (Ddi).

Figura 63. Se observa una ladera de contrapendiente de sierra sinclinal (Ssslc), sobre la cual se ubica el casco urbano de El Cocuy, identificándose numerosos procesos de movimientos en masa, uno de ellos a escala cartografiable (Ddi). Fotografía tomada desde la vereda Chivechi del municipio de Guacamayas.



Fuente: Autor.

➤ **Ladera Estructural (Sle)**

Son laderas cuyos estratos se encuentran inclinados a favor de la pendiente natural del terreno, de morfología alomada o montañosa, de longitudes largas a extremadamente largas, con inclinaciones que varían entre suavemente inclinadas

a escarpadas y de formas irregulares. En esta geoforma los datos estructurales no permiten establecer una asociación con alguna estructura de tipo regional (anticlinal, sinclinal, homoclinal, monoclinal, entre otros).

Debido al marcado control estructural que presenta la zona de interés, estas laderas estructurales son numerosas y están muy dispersas en el área. Esta unidad, en la zona de estudio, se presenta hacia el borde occidental, observándose claramente en algunos sectores de los municipios de San Mateo, Guacamayas, El Espino y Chiscas.

➤ **Escarpe de Línea de Falla (Slfe)**

Se denomina escarpe de línea de falla a aquellas franjas de terreno de inclinaciones abruptas, de longitudes cortas a muy cortas, y de formas cóncavo convexas, originado por erosión acentuada a lo largo de una línea de falla.

En el área de interés esta geoforma se presenta en el municipio de El Espino, en la vereda Pie de Peña, y hacia el sector noroccidental, en el municipio de Concepción. Estas unidades se encuentran asociadas al trazo de la falla de Chiscas.

➤ **Ladera Contrapendiente (Slcp)**

Corresponden a laderas con estratos dispuestos en contra de la pendiente natural del terreno, de morfologías colinadas, índice de relieves bajos, laderas con inclinaciones que varían desde inclinadas a muy escarpadas, de longitudes moderadamente largas y formas rectilíneas. En esta geoforma los datos estructurales no permiten establecer una asociación con alguna estructura de tipo regional (anticlinal, sinclinal, homoclinal, monoclinal, entre otros).

Esta geoforma se ubica en numerosos sectores distribuida de forma heterogénea en toda el área de interés, principalmente en los municipios de San Mateo (vereda Monterredondo), El Espino (vereda Pie de Peña), Guicán (vereda El Tabor), y en el municipio de Chiscas (vereda Duartes).

Un buen ejemplo de esta unidad se localiza al oriente del casco urbano del municipio de Guicán, en la vereda El Tabor, en el sitio conocido como la Peña de la Gloria o el Peñón de los Muertos (figura 64), donde se observa laderas de contrapendiente, ubicadas sobre sedimentos de la formación Une o Aguardiente. Esta geoforma presenta pequeños movimientos en masa, principalmente caída de rocas, con desarrollo de erosión de tipo laminar de intensidad moderada a severa.

Figura 64. Ladera contrapendiente (Slcp) donde se aprecia la erosión de tipo laminar de intensidad moderada a severa. Vereda El Tabor. Municipio de Guicán.



Fuente: Autor.

➤ **Ladera Estructural de Sierra Anticlinal (Ssale)**

Corresponde a estructuras mayores, sierra anticlinales en este caso, cuyos estratos se encuentran buzando a favor de la pendiente, caracterizadas por exhibir laderas con inclinaciones muy abruptas, de longitudes moderadamente largas y de formas rectilíneas, con desarrollo de un patrón de drenaje subparalelo poco denso.

En el área de estudio estas geoformas se localizan hacia el sector occidental y el margen sur, observando un buen ejemplo en el municipio de El Espino, en la vereda Pie de peña, en la vía que conduce de este municipio al casco urbano de Chiscas.

Esta geoforma está constituida por sedimentos cementados correspondientes a la formación Aguardiente o Une y se encuentra cubierta por pastos y vegetación herbácea, las cuales son propicias para el desarrollo de algunas actividades como la agricultura, la ganadería y el establecimiento de vías de comunicación, como son las carreteras intermunicipales e interveredales, así como el aeropuerto de El Espino.

Esta unidad geomorfológica presenta pequeños movimientos en masa (principalmente deslizamientos de tipo traslacional planar), razón por la cual no son cartografiables a esta escala de trabajo. Desarrolla erosión tipo surcos con un grado de erosión de suave a moderada. La anterior descripción se puede observar en la figura 65.

Figura 65. Imagen donde se observa una ladera estructural de sierra anticlinal (Ssale), con presencia de movimientos en masa pero de pequeñas extensiones. Imagen tomada desde la vereda la Laguna en el municipio de Guacamayas.



Fuente: Autor.

➤ **Ladera Estructural de Sierra Sinclinal (Sssle)**

Corresponden a ladera asociada a una estructura mayor, en este caso, a una sierra sinclinal, la cual se encuentra generalmente denudada, caracterizada por presentar estratos inclinados a favor de la pendiente natural del terreno. Generalmente son de longitudes cortas a moderadamente largas, de formas cóncavas y pendientes inclinadas a abruptas. Son producto de procesos de erosión sobre la alternancia de rocas blandas a intermedias, con predominio de drenajes dendríticos a subparalelo.



En la zona de interés, esta geoforma se localiza hacia el sector suroccidental, ubicada sobre los municipios de El Espino y Chiscas, principalmente.

GEOFORMAS DE ORIGEN GLACIAL Y PERIGLACIAL

En el área de interés estas unidades se localizan en todo el centro de la plancha 137, cubriendo totalmente el área de la Sierra Nevada del Cocuy y sus zonas circundantes, convirtiéndose en el ambiente más representativo, aquel cuyas unidades geomorfológicas cubren mayor área.

Las geoformas de ambiente glaciar y periglaciario presentes en el área corresponden a: Ladera estructural de espinazo glaciado (Gegle), Ladera de contrapendiente de cuesta estructural glaciada (Gclc), Conos glaciofluviales (Gcgf), Ladera estructural de cuesta glaciada (Gcle), Morrena de fondo (Gmf), Flancos de valle glaciar (Gflv), Ladera contrapendiente de sierra anticlinal glaciada (Gsalc), Plano glaciolacustrino (Gpgl), Ladera de contrapendiente de sierra homoclinal glaciada (Gshlc), Ladera estructural de sierra anticlinal glaciada (Gsalc), Aguja glaciar (Ga), Masa Glaciar (Gg), y Circo glaciar y de nivación (Gc). Estas unidades serán descritas a continuación:

➤ Ladera Estructural de Espinazo Glaciado (Gegle)

Corresponden a laderas estructurales cuyos estratos se inclinan a favor de la pendiente natural del terreno, de longitudes cortas a muy cortas, de formas rectas o convexas y con pendientes muy escarpadas.

Con desarrollo de drenaje dendrítico subparalelo denso, localmente está afectada por procesos de erosión glacial (gelifración) manifestada por depresiones de exaración. Esta unidad se presenta principalmente en el municipio de Guicán, hacia el sector central de la zona de interés.

➤ **Ladera Contrapendiente de Cuesta Estructural Glaciada (Gclc)**

Son laderas definidas por la inclinación de sus estratos en contra de la pendiente natural del terreno, de morfologías montañosas, pendientes muy escarpadas, de moderadamente largas a muy largas y formas rectilíneas, desarrollando un patrón de drenaje subparalelo de baja densidad.

En el área de interés y debido al fuerte control glaciario que presenta la zona, las laderas de contrapendiente de cuesta estructural glaciada (Gclc) son numerosas y se encuentran muy dispersas en la plancha. Ubicadas, principalmente en los municipios de Guicán y Chiscas, hacia el área de la Sierra Nevada del Cocuy, aunque también se localiza en otros municipios como en San Mateo, al sur de la plancha.

Esta unidad corresponde a la geoforma más representativa de la zona de estudio y aquella que representan la mayor área dentro de la plancha.

Esta geoforma, se observa fácilmente en la vereda El Centro del municipio de San Mateo (figura 66), desarrollada sobre sedimentos cretácicos de la formación Tibú - Mercedes y aunque no presenta procesos de movimientos en masa, esta afecta por procesos de gelifracción de intensidades bajas, desarrollando erosión de tipo laminar.

➤ **Conos Glaciofluviales (Gcgf)**

Los conos glaciofluviales corresponden a aquellas unidades en forma de cono de morfologías alomadas con índice de relieve bajo, longitud larga y forma recta. El origen de estas geoformas está relacionado con corrientes torrenciales producto de deshielo de la parte más distal de una masa glacial.

Este tipo de unidad se distribuye de forma heterogénea del área de interés, observándose en la parte occidental (en el municipio de Chiscas), hacia el sur (en el municipio de San Mateo) y en el margen oriental, en el área de la Sierra Nevada del Cocuy (en el municipio de Guicán).

Figura 66. Imagen donde se aprecia la geoforma ladera de contrapendiente de cuesta estructural glaciada (Gclc), sin presencia de movimientos en masa pero afectada por procesos de gelifracción de intensidades bajas, desarrollando erosión de tipo laminar.



Fuente: Autor.

➤ **Ladera estructural de cuesta glaciada (Gcle)**

Corresponden a laderas definidas por la inclinación de sus estratos a favor de la pendiente natural del terreno, de longitudes moderadas largas a muy largas, de

formas cóncavas a irregulares escalonadas y con pendientes que varían de escarpadas a muy escarpadas.

Debido a la fuerte influencia glaciaria de esta zona, las laderas estructurales de cuesta glaciada se ubican en numerosos sectores y corresponden a la segunda geoforma más representativa de la zona de estudio, después de las laderas de contrapendiente de cuesta estructural glaciada (Gclc).

Las laderas estructurales de cuesta glaciada se localiza hacia el sector de la Sierra Nevada del Cocuy y sus zonas aledañas, observándose, principalmente en los municipios de Chiscas y Guicán.

➤ **Morrena de Fondo (Gmf)**

Representan montículos de morfología alomada localizados en el fondo de los valles glaciales, los cuales están constituidos en general de fragmentos de roca angulares distribuidos caóticamente en matriz arcillosa o arenosa muy compacta.

Esta unidad se encuentra asociada con la depositación de grandes masas de sedimento, producto del transporte y acumulación por la masa de hielo y particularmente por la acción de corrientes fluviales producto de deshielos, ya sea durante la época de glaciación o una vez terminados los eventos estadales.

Se localizan principalmente en los municipios de Chiscas y de Guicán, en zonas de alta montaña (en el área de la Sierra Nevada del Cocuy).

➤ **Flancos de Valle Glaciar (Gflv)**

Los flancos de valle glaciario exhiben laderas de pendientes abruptas, longitudes moderadamente largas y formas rectilíneas, ubicados sobre los bordes de valles glaciares, es decir, delimitan el trayecto que recorrió la lengua glacial. Son

originadas por procesos de exaración y por presiones ejercidas por las masas de hielo lateral sobre los flancos del valle inicial.

En el área de estudio, esta geoforma se ubica principalmente hacia el sector de la Sierra Nevada del Cocuy, en los municipios de Chiscas y Guicán.

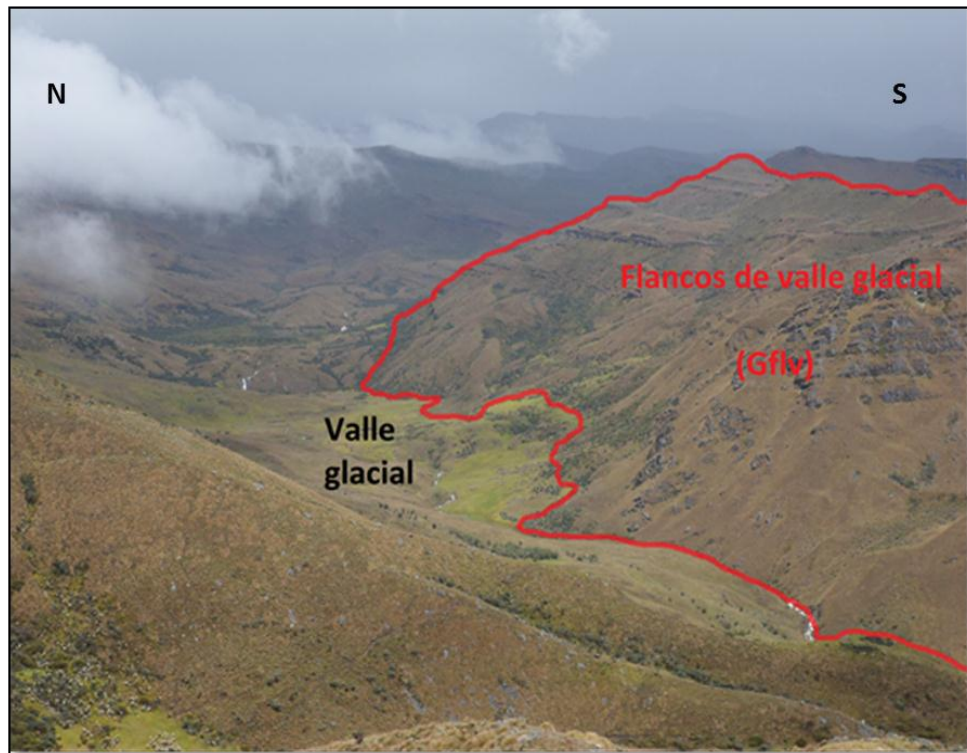
Un buen ejemplo de esta unidad se puede apreciar en la figura 67, una imagen localizada en el sector conocido como Las Cañas, en el municipio de Chiscas, caracterizando flancos de valle glacial. Esta geoforma se desarrolla sobre rocas cretáceas compactas, y presenta un patrón de drenaje subdendrítico. Aunque no presenta movimientos en masa, esta geoforma, se encuentra afectada por procesos de gelifracción de intensidades moderadas.

➤ **Ladera de Contrapendiente de Sierra Anticlinal Glaciada (Gsalc)**

Esta unidad se encuentra asociada a estructuras mayores, en este caso concreto, sierras anticlinales, corresponde a laderas, cuyos estratos se encuentran en el sentido opuesto de la pendiente, de longitudes cortas a extremadamente largas, de forma convexa a cóncava hacia su base, de pendientes abruptas a escarpadas.

Es producto del desmantelamiento por erosión glacial y periglacial de los estratos blandos de la cima dejando localmente depresiones de exaración, circos glaciales y de nivación manifiesta como concavidades poco desarrolladas. Ubicadas, principalmente, en los municipios de Chiscas y Guicán, sobre el área de la Sierra Nevada del Cocuy.

Figura 67. Se aprecia la geoforma flancos de valle glacial (Gflv) delimitando la extensión de dicho valle, la cual se encuentra afectada por procesos de gelifracción de intensidades moderadas. Sector Las Cañas, municipio de Chiscas.



Fuente: Autor.

➤ **Plano Glaciolacustrino (Gpgl)**

Corresponden a planos o laderas de suave pendiente formadas por la deposición de sedimentos en lagos y zonas marginales a un glacial, los cuales están constituidos por materiales finos (limos, arcillas) y localmente arenas y gravas traídas por aguas descongeladas.

Esta unidad geomorfológica está relacionada con lagunas y zonas pantanosas de origen glacial, presentandose como planos en zonas glaciadas y localmente como artesas elongadas en valles glaciales.

Localizados en diferentes sectores de la plancha, esta geoforma se ubica principalmente hacia el sector de la Sierra Nevada del Cocuy, presentándose como planos de considerables extensiones en zonas glaciares, sobre los cuales se forman lagos o lagunas glaciares.

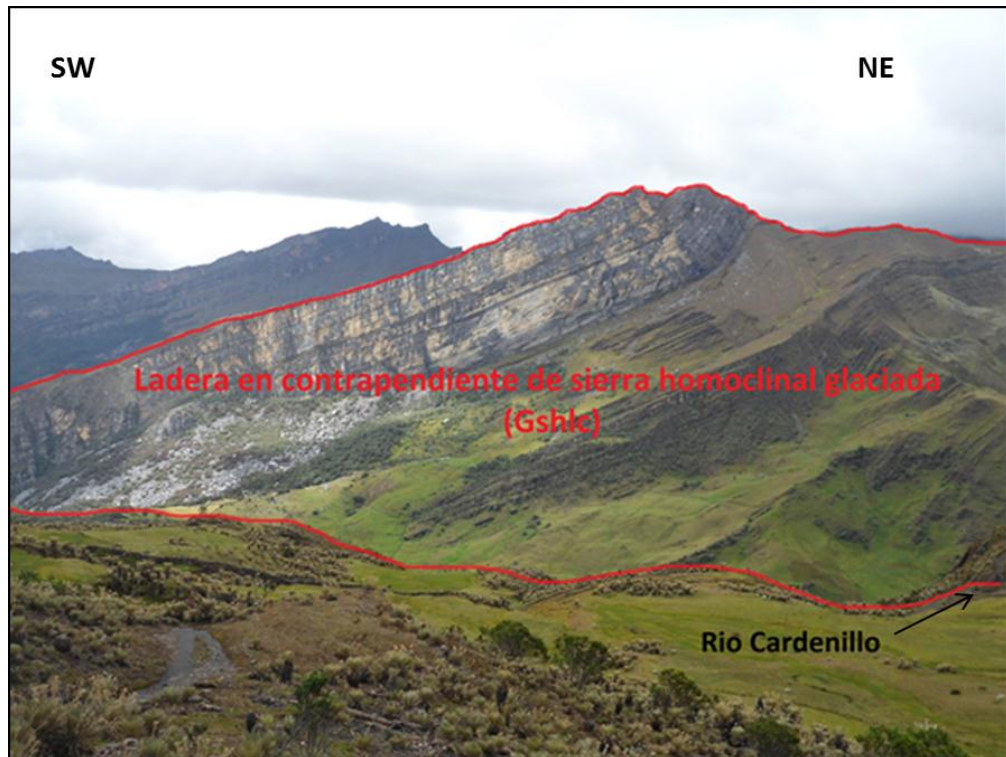
➤ **Ladera en Contrapendiente de Sierra Homoclinal Glaciada (Gshlc)**

Se agrupan bajo el nombre de ladera de contrapendiente de sierra homoclinal glaciada, aquellas laderas que presentan morfologías montañosas, irregulares y escalonadas, de crestas agudas, con inclinaciones muy escarpadas y longitudes muy largas, caracterizados por desarrollar estratos en contra de la pendiente natural del terreno. Relacionadas localmente con depresiones de nivación, circos y valles glaciares.

Un claro ejemplo de esta unidad se localiza en el sector central del área de estudio, en la vereda El Tobal del municipio de Guicán, ubicado en el área del Parque Nacional Natural El Cocuy, a orillas del río Cardenillo; por tal razón es un área completamente protegida, es decir sin aprovechamiento del suelo.

La figura 68 corresponde a esta geoforma, ladera de contrapendiente de sierra homoclinal glaciada (Gshlc), desarrollada sobre sedimentos de la formación Chipaque o Capacho, los cuales están afectadas por un grado de meteorización media. Esta unidad geomorfológica presenta pequeños procesos de movimientos en masa, principalmente caídas de rocas, desarrollando erosión de tipo laminar y glaciar (gelifracción), de intensidades moderadas a severas.

Figura 68. Ladera en contrapendiente de sierra homoclinal glaciada (Gshlc) en donde se aprecian procesos erosivos (de tipo laminar y glaciár, de intensidades moderadas a severas. Vereda El Tobal. Municipio de Guicán.



Fuente: Autor.

➤ **Ladera Estructural de Sierra Anticlinal Glaciada (Gsale)**

Las laderas estructurales de sierra anticlinal glaciada (Gsale) corresponden a laderas cuyas capas se inclinan en el mismo sentido de la pendiente de longitudes cortas a extremadamente largas, de formas convexas a rectas y con pendientes abruptas a muy abruptas.

Constituidas por rocas competentes, las cuales se encuentran afectadas por procesos de gelifracción. Sobre las laderas estructurales de sierra anticlinal glaciada son comunes las depresiones de exaración, localmente desarrolladas a

circos de nivación y glaciales. Esta geoforma se localiza hacia los municipios de Guicán y Chiscas, en el sector centro y norte del área de estudio..

➤ **Aguja Glaciar (Horn) (Ga)**

Se le denomina aguja glaciar a aquellos cerros rocosos montañosos de forma piramidal e irregular que presenta laderas de longitudes moderadamente largas y pendientes abruptas a muy escarpadas, desarrollando formas cóncavas. Se originan por la intersección en las paredes de varios circo glaciales (Gc).

En la zona de estudio estas geoformas se localizan en las partes altas de las cadenas montañosas, sobre las cumbres de la Sierra Nevada del Cocuy, las cuales se encuentran afectadas, localmente por procesos erosivos de tipo glacial.

Debido a la inaccesibilidad en la zona, estas geoformas se cartografiaron mediante la fotointerpretación de imágenes Landsat, junto a mapas topográficos, mapas geológicos, mapas geomorfológicos, mapa de pendientes y mapas de sombras, como se observa en la figura 69.

➤ **Masa glaciar (Gg)**

Masa de hielo en movimiento que incluye detritos rocosos y se caracteriza por el balance entre acumulación y fusión. Localizada en las partes alta de las cadenas montañosas, esta geoforma se ubica en la región de la Sierra Nevada del Cocuy, en los municipios de Chiscas y Guicán.

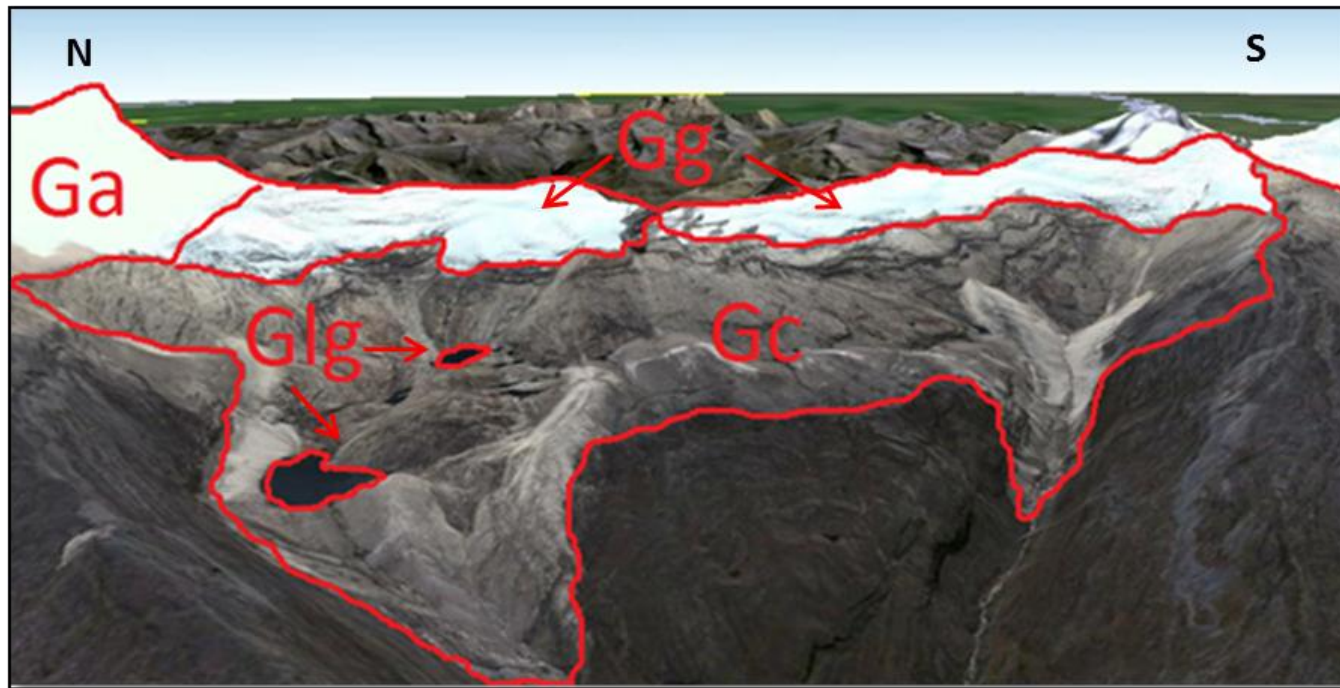
Debido a la inaccesibilidad en la zona, estas geoformas se cartografiaron mediante fotointerpretación de imágenes Landsat, junto a mapas topográficos, mapas geológicos, mapas geomorfológicos, mapa de pendientes y mapas de sombras. (Figura 69).

➤ **Circo Glacial y de Nivación (Gc)**

Este nombre se utiliza para denominar geoformas de paredes cóncavas semicirculares de longitudes cortas, escarpadas de concavidades o depresiones someras formadas por socavación debida a la acción erosiva de escarcha o nieve en zonas de influencia glacial y periglacial respectivamente. Se encuentran en la parte alta de las paredes de valles glaciales, y asociados a agujas glaciares (Ga) y a lagos glaciares (Glg).

En el área de estudio se localizan en las partes altas de las cadenas montañosas, en este caso, en la Sierra Nevada del Cocuy. Debido a la inaccesibilidad en la zona, estas geoformas se cartografiaron mediante la fotointerpretación de imágenes Landsat, junto a mapas topográficos, mapas geológicos, mapas geomorfológicos, mapa de pendientes y mapas de sombras, (Figura 69). Sobre esta unidad se ubica otro tipo de geoforma, como son las lagunas glaciares, sin embargo, estas no alcanzan a ser cartografiables a la escala de trabajo utilizada.

Figura 69. Imagen glaciár de la Sierra Nevada del Cocuy, localizada en el municipio homónimo, donde se observan las agujas glaciares (Horn) ubicadas en la intersección de las paredes de los circos glaciares (Gc), en cuya base o piso en donde se forman lagunas glaciares (Glg). También es posible apreciar otra geofoma, masa glaciár (Gg).



Fuente: Tomada y modificada de Google Earth.

5.2.2 Plancha 153, Chita La plancha 153, Chita, debido a su ubicación y desde el punto de vista morfológico, se caracteriza por ser un área muy heterogénea en toda su extensión, por presentar grandes diferencias altitudinales y topográficas, en donde se desarrollan una gran variedad de geoformas de diferente origen. (Ver tabla 17).

El área que cubre la plancha 153, Chita, posee grandes alturas representadas por cumbres y picos que sobrepasan los 5000 metros sobre el nivel del mar, como el Nevado Pan de Azúcar, y el Pico Concavito, hasta zonas bajas de topografía suave y morfologías planas que no alcanzan a superar los mil metros sobre el nivel del mar; junto a una región de fuertes pendientes y valles en U, caracterizados por presentar un gran control estructural, debido a ser un área tectónicamente activa, evidenciada por los procesos de plegamiento y fallamiento intenso, que esta presenta.

Debido a la expresión morfológica anteriormente descrita, en la zona de trabajo, se destaca un fuerte control glaciar, localizado sobre el área que ocupa la Sierra Nevada del Cocuy, junto a zonas aledañas a esta última, y un fuerte control morfoestructural, distribuido en el sector occidental de la plancha. Las geoformas pertenecientes a estos dos tipos de ambientes, el glaciar, y el morfoestructural, cubren la mayor parte del área de la plancha.

También se presenta algunas pequeñas modificaciones de estas formas del paisaje, por efecto de los procesos denudativos que actúan sobre estas unidades y que las afectan en diversos grados de intensidad. Es importante destacar la influencia que ejercen las geoformas de origen fluvial, cuyo origen se debe a los procesos erosivos y de depositación generados por cursos, corrientes y drenajes, la mayoría de estos, afluentes a la principal arteria fluvial de la zona, como lo es el Río Casanare, ubicado en el margen suroriental del área de interés.

Tabla 17. Cuadro de unidades geomorfológicas presentes en la plancha 153, Chita, con sus respectivos ambientes morfogenéticos.

AMBIENTE	CODIGO	GEOFORMA	%	
DENUDACIONAL (D)	Dco	Cono y lóbulo coluvial de solifluxión	1,69	1,74
	Ddi	Cono de deslizamiento indiferenciado	0,05	
FLUVIAL Y LAGUNAR (F)	Fca	Cauce aluvial	0,07	3,5
	Fpac	Planicie aluvial confinada	1,72	
	Fta	Terrazas de acumulación	1,71	
MORFO – ESTRUCTURAL (S)	Sife	Escarpe de línea de falla	3,9	44,47
	Sefc	Espolón facetado	9,00	
	Sft	Facetas triangulares	1,36	
	Sle	Ladera estructural	2,13	
	Slcp	Ladera contrapendiente	5,63	
	Selc	Ladera contrapendiente de espinazo	1,03	
	Sele	Ladera estructural de espinazo	14,22	
	Ssale	Ladera estructural de sierra anticlinal	1,07	
	Ssan	Sierra sinclinal	1,21	
	Sssle	Ladera estructural de sierra sinclinal	1,01	
	Sslp	Sierras y lomos de presión	0,21	
	Ssslc	Ladera de contrapendiente de sierra sinclinal	3,70	
GLACIAL Y PERIGLACIAL (G)	Glg	Laguna glaciar	0,13	50,29
	Gsale	Ladera estructural de sierra anticlinal glaciada	0,88	
	Gma	Morrena de ablación	0,09	
	Gsalc	Ladera de contrapendiente de sierra anticlinal glaciada	0,43	
	Gpgl	Plano Glaciolacustrino	0,74	
	Ga	Aguja Glacial	0,08	
	Gclc	Ladera en contrapendiente de cuesta estructural glaciada	18,91	
	Gc	Circo glaciar y de nivación	0,18	
	Gcle	Ladera estructural de cuesta glaciada	18,24	
	Gcgf	Cono Glaciofluviales	3,57	
	Gflv	Flancos de valle glaciar	2,44	
	Gmt	Morrena terminal o frontal	1,45	
	Gegle	Ladera estructural de espinazo glaciado	0,61	
	Gmf	Morrena de fondo	2,01	
Gee	Espolón estructural glaciado	0,42		
Gg	Masa glaciar	0,11		

Fuente: Autor.

El mapa de las unidades geomorfológicas presentes en la zona de interés (plancha 153, Chita) se puede apreciar en el anexo H.

GEOFORMAS DE ORIGEN DENUDACIONAL

Las geoformas de origen denudacional se distribuyen de forma heterogénea en toda la extensión de la plancha; pero algunas de ellas, representan áreas muy pequeñas (extensiones inferiores a 4 hectáreas) por lo cual, a esta escala de trabajo, no alcanzan a ser cartografiables. Las geoformas de origen denudacional en el área de interés corresponden a: Cono de deslizamiento indiferenciado (Ddi) y cono y lóbulo coluvial de soliflucción (Dco), las cuales se caracterizan a continuación.

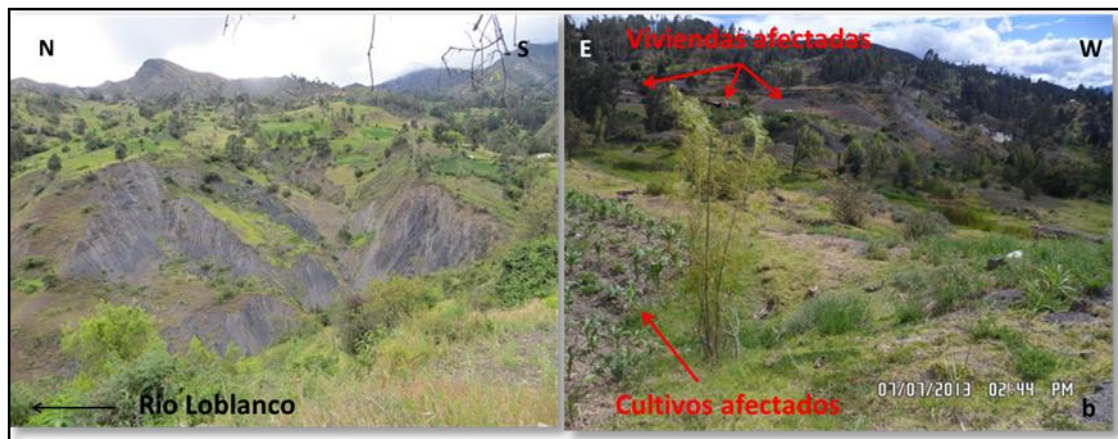
➤ Cono de Deslizamiento Indiferenciado (Ddi)

Los conos o lóbulos de deslizamiento corresponden a procesos de movimiento en masa, es decir caída de material (roca, suelo o detritos) ladera abajo (Cruden, 1991 en PMA-GCA, 2007), a lo largo de una superficie de falla o en zonas relativamente delgadas con gran deformación cortante. Caracterizados por relieve irregular, morfología baja, formación de grietas, cambio súbito de pendiente. Algunas de estas geoformas abarcaban áreas muy pequeñas, razón por la cual no todas las unidades de este tipo fueron cartografiables.

Ubicada en varios sectores del área de interés, esta geoformas se localiza, principalmente en los municipios de Chita, Jericó y La Uvita, en todo el costado occidental de la zona de estudio, desarrolladas sobre unidades sedimentarias de edades Cretácicas y Paleógenas, aunque también se presenta sobre depósitos cuaternarios.

En la figura 70 se observa dos claros ejemplos de la presente geoforma, cono de deslizamiento indiferenciado, ubicados en el municipio de Chita, correspondientes a deslizamientos traslacionales de tipo planar, de estados activos, representando grandes extensiones y generando gran cantidad de daños, principalmente en la infraestructura del área (viviendas de tipo rural y corredores viales) y en el sector económico (cultivos y ganadería afectadas). Adicionalmente uno de estos procesos se localizan en zonas aledañas a los cauces de los principales drenajes, representando una gran amenaza de tipo ambiental por la posibilidad de represar el cauce de dicho curso de agua, debido a la cantidad de material desplazado (ver capítulo 5.1.2, Morfodinámica de la plancha 153, Chita....)

Figura 70. Ejemplos de la unidad deslizamiento indiferenciado (Ddi). a) En los márgenes del río Loblanco, representado una gran amenaza por la posibilidad de represar este cauce. Vereda El Mortiñal, municipio de Chita. b) Deslizamiento que afecta áreas de cultivos y zonas habitadas. Vereda Chipa centro, municipio de Chita.



Fuente: Autor.

➤ Cono y Lóbulo Coluvial de Solifluxión (Dco)

Esta geoforma es caracterizada, además de su morfología lobulada, por su topografía irregular, formas convexas o irregulares, con inclinaciones desde

inclinadas a muy abruptas, formadas por procesos de transporte y deposición de materiales sobre las laderas debido a procesos hidrogravitacionales. Están constituidos por bloques y fragmentos heterométricos de rocas preexistentes, embebidos en una matriz generalmente arcillosa a arena limo arcillosa.

Los conos o lóbulos coluviales de solifluxión se encuentran ampliamente distribuidos en toda el área de interés, localizándose principalmente en el margen occidental (municipios de La Uvita y Jericó), en el sector norte (municipio de El Cocuy) y en el margen oriental (municipio de Tame).

GEOFORMAS DE ORIGEN FLUVIAL Y LAGUNAR

Estas geoformas se localizan en zonas adyacentes a las principales corrientes de la zona, como por ejemplo en las riberas de los ríos Casanare, Chitano, Loblanco y Canoas, ubicados en varios sectores de la plancha, pero algunas unidades de estas, debido a su extensión y a la escala de trabajo utilizada, no fueron cartografiables.

Las geoformas del ambiente fluvial y lagunar presentes en la plancha 153 son: Cauce aluvial (Fca), planicie aluvial confinada (Fpac) y terraza de acumulación (Fta), las cuales son descritas a continuación.

➤ Cauce Aluvial (Fca)

Son canales de forma irregular excavados por las corrientes de las quebradas, o ríos que forman un lecho, por donde discurren sus cauces, bien sea en macizos rocosos o en zonas de morfología baja, generando erosión en uno de sus costados y deposición en el margen opuesto. En otras palabras, son superficies de terreno por donde actualmente circulan o recorren los drenajes de importancia regional.

En la zona de estudio, esta geoforma se presenta en varios sectores, debido a la riqueza hídrica del sector, sin embargo algunos de estos drenajes no representan la superficie adecuada para poder ser cartografiado. Sin embargo, esta unidad geomorfológica fue cartografiable en algunos sectores del cauce del río Casanare, a su paso por los municipios de Chita, La Salina y Sacamá.

La figura 71 detalla el cauce de este río, el Casanare, red hídrica principal de la zona, a su paso por la vereda Sabanalarga en el municipio de Sácama, en el costado suroriental de la zona de estudio. El cauce genera problemas de estabilidad sobre geoformas adyacentes a él, debido a la socavación generada por la corriente del agua, generando que aumente la inestabilidad y se pueda presentar, a futuro problemas de movimientos en masa.

➤ **Planicie Aluvial Confinada (Fpac)**

Corresponden a franjas de terreno muy angosta, de morfología plana, muy angosta y eventualmente inundable, limitada por sierras estructurales, que bordean los cauces fluviales, en donde es posible observar el estrangulamiento o estrechamiento del mismo. Se encuentra constituida por material aluvial (arenas, limos y arcillas).

En el área de estudio, esta geoforma se localiza principalmente hacia el sector central (norte del municipio de Chita) y en zonas aledañas a la vereda La Playa en el municipio de La Uvita.

Figura 71. Imagen donde se aprecia el cauce aluvial (Fca) correspondiente al río Casanare a su paso por la vereda Sabanalarga del municipio de Sácama.



Fuente: Autor.

➤ **Terrazas de Acumulación (Fta)**

Corresponde a planos con una suave inclinación de extensiones variables, y de formas rectas, ubicados a lo largo de los márgenes de los diferentes drenajes, paralelos a sus cauces, modelados sobre sedimentos aluviales y limitados por escarpes de diferente altura.

Las terrazas de acumulación (Fta) presentes en el área de trabajo, corresponden a aquellas ubicadas en el sector suroriental, localizadas, en inmediaciones del río Casanare a su paso por los municipios de La Salina y Sácama.

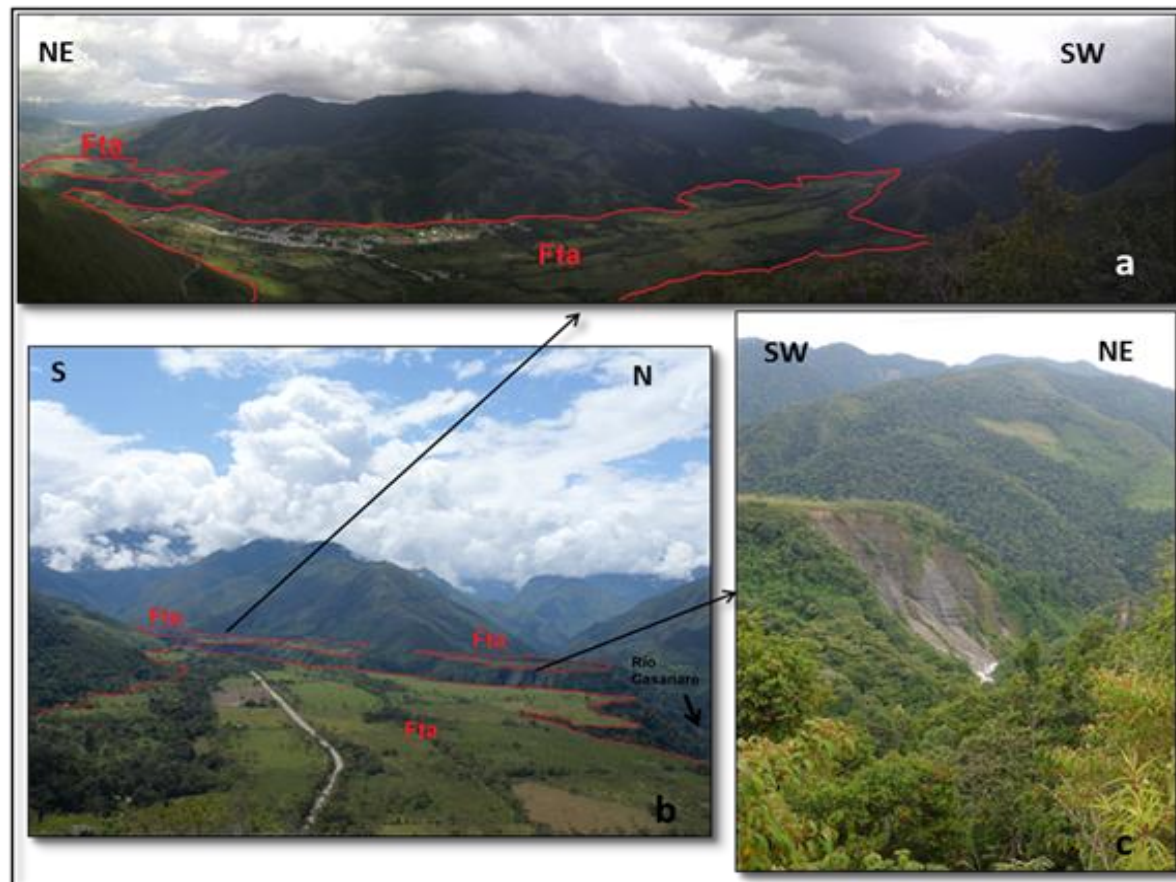
En la figura 72 se presentan varias terrazas de acumulación (Fta), localizadas en el municipio de Sacamá, donde la mayoría de ellas representan grandes extensiones y son utilizadas para diferentes propósitos, entre ellos la ganadería, la agricultura y la construcción, tanto de corredores viales como de centros poblados. Un claro ejemplo de lo anterior es apreciable en el municipio de Sacamá, debido a que el casco urbano de este, se ubica sobre esta geoforma.

Las terrazas de acumulación se encuentran asociadas a los escarpes de terraza de acumulación (Ftae) que, como ya se mencionó anteriormente, son de diferente altura, pero no alcanzan a ser cartografiables, debido a la escala de trabajo utilizada. Sobre estos escarpes, se presentan pequeños procesos de movimiento en masa, principalmente deslizamientos traslaciones de tipo planar, con un grado de erosión de moderada y presentando, en algunas veces la formación de surcos. Estos escarpes de terraza, también se ven afectados por procesos de socavación debido a los drenajes presentes en la zona.

GEOFORMAS DE ORIGEN MORFOESTRUCTURAL

Las unidades pertenecientes a este ambiente son las siguientes: Escarpe de línea de falla (Slfe), Espolón facetado (Sefc), Facetas triangulares (Sft), Ladera estructural (Sle), Ladera contrapendiente (Slcp), Ladera de contrapendiente de espinazo (Selc), Ladera estructural de espinazo (Sele), Sierra anticlinal (Ssan), Ladera estructural de anticlinal (Ssale), Ladera estructural de sierra sinclinal (Sssle) y Sierras y lomos de presión (Sslp). Estas unidades serán descritas a continuación.

Figura 72. a) Extensa terraza de acumulación (Fta), donde se ubica el casco urbano del municipio de Sácama. b) Imagen donde se aprecia sus diferentes usos (ganadería, agricultura y corredores viales). c) Algunos procesos de movimientos en masa sobre los escarpes de estas terrazas. Foto tomada desde la Vereda Sabanalarga, municipio de Sácama.



Fuente: Autor.

➤ **Escarpe de Línea de Falla (Slfe)**

Corresponde a laderas altamente escarpadas con índice de relieve bajo, de laderas cortas, con pendiente muy abruptas, casi verticales, de formas rectas, y originado por erosión acentuada a lo largo de una línea de falla. Presenta un patrón de drenaje subdendrítico.

Esta unidad geomorfológica se ubica hacia el sector occidental del área de interés, localizándose en los municipios de Jericó, Chita y La Uvita, asociado a la falla de Chiscas.

La figura 73 representa un ejemplo de esta geoforma, localizada en jurisdicción del municipio de Jericó, donde se observa que presenta movimientos en masa, asociados principalmente a pequeños deslizamientos traslacionales y rotacionales, con un grado de meteorización moderada, con el desarrollo de erosión de tipo barrancos.

Figura 73. Escarpes de línea de falla, asociado a la falla de Chiscas, cuyo trazo aproximado va en dirección N-S. Sector Loma Los Colorados, municipio de Jericó.



Fuente: Autor.

➤ **Espolón Faceteado (Sefc)**

Esta geoforma se caracteriza por presentar una morfología colinada, índice de relieve bajo, de laderas muy escarpadas, de longitudes moderadamente largas y de forma irregular, que definen en sus flancos laderas en forma trapezoidal o triangular. Se encuentran asociada a zonas de fallamiento intenso.

Los espolones faceteados en el área de interés, se presentan, principalmente hacia el borde oriental del área de interés, sobre las laderas contiguas a la falla de Sácama, en el departamento de Casanare.

Se puede apreciar en la figura 74 esta unidad geomorfológica, desarrollada sobre sedimentos correspondientes a la formación Areniscas de Las Juntas y aunque no presenta procesos de movimientos en masa, esta geoforma está afectada por procesos de socavación por diferentes drenajes presentes en el área. Los espolones faceteados se asocian generalmente con otra unidad de origen morfoestructural, como lo son las facetas triangulare (Sft).

➤ **Facetas Triangulares (Sft)**

Caracterizadas por exhibir superficies planas, rectas, fácilmente reconocibles gracias a su forma amplia en la base y aguda en su cresta, es decir forma triangular, aunque en algunos casos esta forma puede ser trapezoidal. De morfología colinada, con laderas moderadamente largas, muy escarpadas, formas rectas, e índice de relieve bajo, las facetas triangulares se asocian, generalmente a zonas de fallas activas regionales, evidenciando su origen estructural.

Esta geoforma se ubica hacia el borde oriental, en el municipio de Sácama y están moldeadas sobre sedimentos correspondientes a la formación Areniscas de las Juntas, observadas, principalmente en las laderas adyacentes al trazo de la falla de Sácama, Presenta movimientos en masa, y aunque estos procesos son

menores (pequeños deslizamientos de tipo traslacional planar), afectan principalmente a los corredores viales y a zonas de cultivos. Las facetas triangulares se encuentran asociadas a otras geoformas como son los espolones faceteados, los cuales también se encuentran relacionados a procesos de fallamiento. Todo lo anterior se puede observar en la figura 74.

Figura 74. Imagen donde se aprecia facetas triangulares y espolones faceteados. Estas dos geoformas son generalmente observables en zonas de fallamiento intenso (en este caso están relacionadas a la falla de Sácama). Vereda Sabanalarga, municipio de Sácama



Fuente: Autor.

➤ **Ladera Estructural (Sle)**

Las laderas estructurales se definen como aquellas laderas que disponen sus estratos a favor de la pendiente natural del terreno, de morfologías montañosas,



índice de relieve moderado, laderas con pendientes muy abruptas, de longitudes muy largas, y de formas rectilíneas.

Debido al marcado control estructural que presenta la zona de interés, estas laderas estructurales son numerosas y están muy dispersas en el área. Las laderas estructurales se observan principalmente hacia el borde occidental, en inmediaciones del municipio de Chita y en el margen oriental en el municipio de Sácama,

Un buen ejemplo de esta geoforma se presenta en el municipio de Chita, formadas sobre sedimentos de la Formación La Luna, presentando un patrón de drenaje subdendrítico moderadamente denso. Esta geoforma presenta una alta densidad de procesos de movimientos en masa con un grado severo de intensidad, evidenciando caídas de roca, deslizamientos traslacionales, reptación de suelos y flujos de detritos; todos ellos de estados activos, con erosión de tipo laminar y formación de surcos, cárcavas y terracetas tipo “patas de vaca”. Estos movimientos en masa presentes, pueden ser acelerados debido a la sobreexplotación de la tierra, la cual es utilizada para la agricultura, ganadería y construcciones (vivienda y vías). Otro aspecto importante es la socavación que se presenta debido a algunas corrientes del área, tales como el río Loblanco, el río Peñablanca y río Negro. Todo lo anterior está representado por la figura 75, la ladera estructural sobre la cual está ubicado el casco urbano del municipio de Chita.

Figura 75. Ladera estructural sobre la cual se ubica el casco urbano del municipio de Chita en márgenes del río Loblanco. Se observan sobre estas laderas intensos procesos erosivos y de movimientos en masa. Cabecera municipal del municipio de Chita.



Fuente: Autor.

➤ **Ladera Contrapendiente (Slcp)**

Corresponden a laderas que presentan sus estratos inclinados en contra de la pendiente natural del terreno, de morfología regular a irregular, de longitudes largas a extremadamente largas, de forma rectilínea y con pendientes suavemente inclinadas a escarpadas.

En esta geoforma los datos estructurales no permiten establecer una asociación con alguna estructura de tipo regional (anticlinal, sinclinal, homoclinal, monoclinal,

entre otros). Debido al marcado control estructural que presenta la plancha, estas laderas de contrapendiente son numerosas y están muy dispersas en el área.

Esta unidad geomorfológica se localizan principalmente hacia el costado occidental, en el municipio de Chita y la parte sur – oriental de la plancha, en el municipio de Sácama.

➤ **Ladera de Contrapendiente de Espinazo (Selc)**

Con este término se definen aquellas geoformas de estratos dispuestos en contra de la pendiente, caracterizados por poseer morfología montañosa, índice de relieve moderado, laderas largas de inclinaciones muy escarpadas y de formas irregulares.

Esta geoforma se ubica principalmente en el municipio de La Salina, departamento de Casanare, sobre los márgenes del río del mismo nombre, formados por sedimentos del Cretáceo inferior (Formación Lutitas de Macanal).

Las laderas de contrapendiente de espinazo presentan intensos procesos de movimientos en masa (principalmente flujos y deslizamientos traslacionales) con un grado de erosión alto, con desarrollo de surcos y erosión de tipo laminar. Esta geoforma se encuentra afectada por procesos de socavación, debido a que por ella discurren bastantes drenajes, como las quebradas Quilambría y Los ríos Colorados, así como los ríos Chinivaque y Negro que desembocan en el río Casanare con un patrón de drenaje subparalelo, localmente denso. Todos estos factores afectan directamente a la población rural, debido al riesgo sobre las construcciones de viviendas, actividades económicas de ganadería y agricultura que se desarrollan en el área, así como a las vías de acceso a la región. Las características anteriormente descritas se pueden apreciar en la figura 76 y 77.

➤ **Ladera estructural de Espinazo (Sele)**

Corresponden a laderas, cuyos estratos se encuentran a favor de la pendiente natural del terreno, exhibiendo morfologías montañosas e índices de relieves altos, con laderas de longitudes largas de pendientes muy abruptas y formas convexas.

Las laderas estructurales de espinazo son fácilmente observables en el departamento de Casanare (municipio de La Salina y Sácama) y Arauca (municipio de Tame), localizadas al suroriente de la plancha 153.

La figura 76 y 77 presentan este tipo de geoforma, constituida por sedimentos de edades cretácicas pertenecientes a la formación Lutitas de Macanal, con una red de drenaje de patrón subparalelo, localmente denso y cubierto, en su mayoría, por vegetación herbácea y pastos, propiciando que su uso obedezca a diferentes actividades económicas como lo son, la ganadería y la agricultura.

Esta geoforma presenta numerosos procesos de movimientos en masa, pero de pequeñas extensiones, principalmente deslizamientos traslacionales de tipo planar, flujos y caídas, de material detrítico, presentando erosión tipo surcos de intensidades severas. Este tipo de laderas, también se encuentran afectadas por procesos de socavación debido al cauce del río Casanare. Todos estos procesos de movimientos en masa, afectan algunas construcciones como por ejemplo viviendas de tipo rural, así como áreas de agricultura y ganadería presente en el sector.

Figura 76. Ladera en contrapendiente de espinazo y ladera estructural de espinazo a orillas del río Casanare donde se observa algunos movimientos en masa y procesos erosivos de intensidades moderadas a severas. Vereda Los Curos, municipio de La Salina.



Fuente: Autor

Figura 77. Ladera estructural de espinazo ubicada a orillas del río Casanare, donde se puede apreciar algunos procesos de movimientos en masa (deslizamientos traslacionales de tipo planar, caídas y flujos de material detrítico). Vereda Los Curos, municipio de La Salina.



Fuente: Autor

➤ Sierra Anticlinal (Ssan)

Se define como sierras elongadas formada sobre el eje de un anticlinal, cuyos estratos se inclinan hacia lado y lado, de forma divergente, a partir de su eje,

caracterizado por poseer una morfología colinada, presentar crestas redondeadas y conformar laderas estructurales muy abruptas, rectas y de longitudes largas. En la región de estudio, esta geoforma se presenta hacia el sureste de la plancha en el municipio de Sácama, vereda Sabanalarga.

En la figura 78 se aprecia un claro ejemplo de la geoforma anteriormente descrita. Compuesta por sedimentos de la formación Areniscas de las Juntas, esta unidad no presenta procesos de movimiento en masa de grandes extensiones, ni procesos erosivos severos debido, en gran parte, a la cobertura vegetal que esta presenta (cubierto principalmente por bosque.), sin embargo está afectada por procesos de socavación por parte de algunos drenajes que conforman un patrón subparalelo en razón al cauce principal de la zona, el río Casanare.

➤ **Ladera estructural de Sierra Anticlinal (Ssale)**

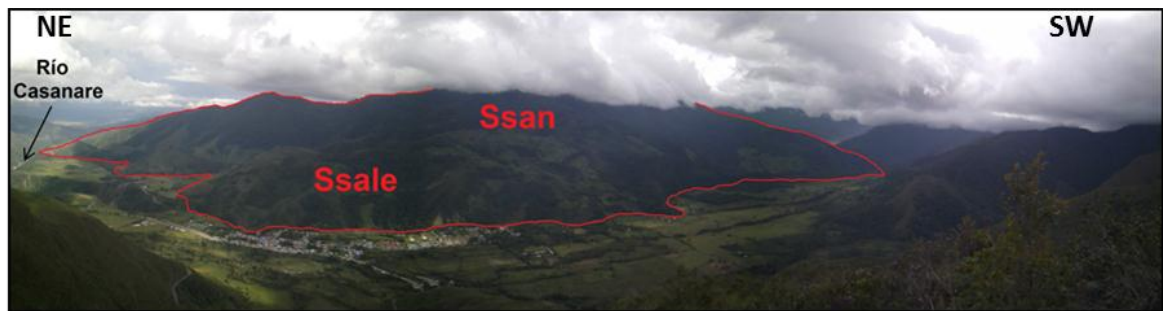
Representan laderas asociadas a estructuras mayores, en este caso, anticlinales, con estratos dispuestos en favor de la pendiente natural del terreno, de morfologías colinadas, con índice de relieve moderado, de longitudes largas, formas irregulares y pendientes escarpadas

Hacia el sureste de la plancha 153, en la vereda Sabanalarga del municipio de Sacamá se observa esta geoforma, la cual se encuentra formada por sedimentos de la Formación Areniscas de las Juntas.

Esta unidad geomorfológica desarrolla un patrón de drenaje subparalelo poco denso, asociado a diferentes quebradas afluentes a la corriente hídrica principal (Río Casanare), cuyos cauces generan procesos de socavación, generando problemas de estabilidad a esta unidad, presentando algunos movimientos en masa, como deslizamientos traslacionales de tipo planar y flujos de material, los

cuales se encuentran activos pero no abarcan grandes dimensiones. En la figura 78 es posible observar estas características.

Figura 78. Sierra anticlinal (Ssan) y la ladera estructural de sierra anticlinal (Ssale), en donde es posible apreciar pequeños movimiento en masa y procesos de socavación. Vereda Sabanalarga, municipio de Sácama.



Fuente: Autor

Ladera Estructural de Sierra Sinclinal (Sssle)

Corresponden a laderas asociadas a estructuras mayores, en este caso, sinclinales, caracterizadas por estratos inclinados en favor de la pendiente natural del terreno. Pueden presentar longitudes cortas a moderadamente largas, formas cóncavas y con un rango de variación de pendientes desde inclinadas hasta abruptas.

En el área de interés, esta geoforma se localiza hacia el sector occidental, en el municipio de Chita, formado en el eje de un sinclinal y constituido por sedimentos de la formación Chipaque o Capacho.

➤ **Sierras y Lomos de Presión (Sslp)**

Las sierras o lomos de presión corresponden a prominencias topográficas montañosas o alomadas localmente curvas, formadas por plegamiento intenso, verticalización de secuencias sedimentarias, asociados a fallamiento inverso.

Esta geofoma se localiza en la vereda El Tobal en el municipio de Chita, ubicada en el sector central del área de estudio.

La figura 79 presenta una imagen de esta geofoma, caracterizada por presentar laderas cóncavas a rectilíneas, con índice de relieve bajo y de cimas agudas, con un patrón de drenaje sub – dendritico de poca densidad, desarrollando erosión de tipo cárcavas de intensidades moderadas. Presenta estratos verticalizados, asociados a lineamientos que se encuentran de forma semiparalela al trazo de la falla de Chiscas (sentido norte-sur).

Figura 79. Sierras y lomos de presión, relacionados a lineamientos que se encuentran de forma semiparalela al trazo de la falla de Chiscas (sentido norte-sur). Vereda El Tobal, municipio de Chita.



Fuente: Autor.

➤ **GEOFORMAS DE ORIGEN GLACIAL Y PERIGLACIAL**

Las geofomas de ambiente glaciar y periglaciar se ubican principalmente en la parte central (algunos sectores de los municipios de Chita, San Mateo y Jericó) y en la parte nororiental (Sierra Nevada El Cocuy), cubriendo zonas bastante

extensas, convirtiéndose en el ambiente más representativo y aquel, cuyas unidades representan la mayor área de la plancha.

Las geoformas pertenecientes a este ambiente, presentes en el área corresponden a: Plano glaciolacustrino (Gpgl), Morrena de ablación (Gma), Laguna glaciar (Glg), Ladera estructural de cuesta glaciada (Gcle), Ladera estructural de sierra anticlinal glaciada (Gsale), Circo glaciar o de nivación (Gc), Aguja glaciar (Ga) Masa glaciar (Gg), Ladera contrapendiente de sierra anticlinal (Gsalc), Morrena de fondo (Gmf), Ladera contrapendiente de cuesta estructural glaciada (Gclc), Espolón estructural glaciado (Gee), Cono glaciofluvial (Gcgf), Ladera estructural de espinazo glaciado (Gegle), Flancos de valle glaciar (Gflv), Morrena terminal o frontal (Gmt), Estas unidades serán descritas a continuación:

➤ **Plano Glaciolacustrino (Gpgl)**

Constituidos por materiales finos (limos, arcillas) y localmente arenas y gravas traídas por aguas descongeladas, los planos glaciolacustrinos se presentan como áreas de longitudes largas, de formas rectas y de pendientes inclinadas ($< 10^\circ$), distribuidas en zonas glaciares y como artesas elongadas en áreas de valle glaciar.

En el área de interés, esta geoforma se localiza hacia el sur de la plancha en la vereda El Cuco del municipio de Chita, en el departamento de Boyacá, asociada a lagunas glaciares o a zonas pantanosas de origen glaciar.

La figuras 80 y 81 presentan este tipo de unidad, plano glaciolacustrino, donde se aprecia que esta geoforma no presentan movimientos en masa, ni erosión, debido, en gran parte, a presentar una alta densidad de vegetación, y a poseer una baja pendiente, factores que contribuyen a la estabilidad de éste. El plano glaciolacustrino está relacionado con otras geoformas, como por ejemplo, las

lagunas glaciares (Glg), formadas sobre esta unidad y las morrenas de ablación (Gma), las cuales delimitan su extensión.

➤ **Morrena de Ablación (Gma)**

Se agrupan bajo el nombre de morrena de ablación aquellas morrenas de tipo terminal o frontal de morfología alomada, de pendientes abruptas, y con flancos de longitudes cortas y formas convexas, originadas por el estancamiento de una masa glacial y el progresivo deshielo de la misma. Constituida por bloques, gravas angulares y subangulares distribuidas caóticamente en una matriz arcillosa.

Esta geoforma, en la zona de interés, se presenta hacia el sur de la plancha, en el municipio de Chita, y el costado norte de la misma, en jurisdicción del municipio de El Cocuy.

La morrena de ablación presente en las figuras 80 y 81, se localiza en la vereda El Cuco del municipio de Chita en Boyacá, asociada a planicies glaciolacustrinas (Gpgl) y permitiendo la formación de lagos (Glg) en su parte trasera. Presenta pequeñas caídas de roca como movimiento en masa predominante, y erosión de tipo laminar y glacial (gelifracción) de intensidades moderadas, que afectan los flancos de la morrena.

➤ **Laguna Glacial (Glg)**

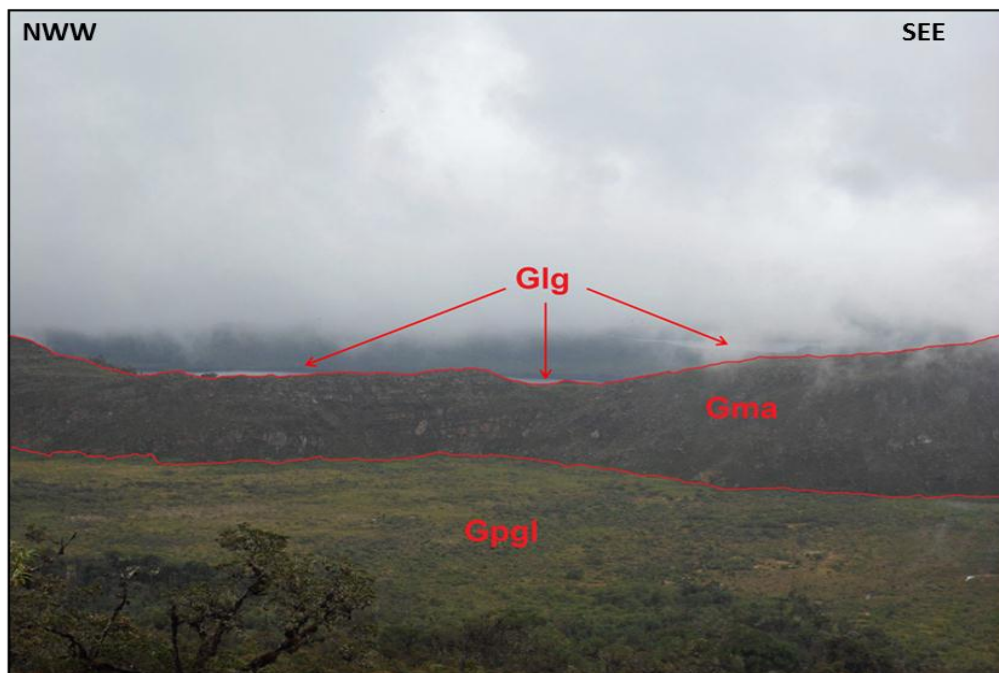
Corresponde a cuerpos de agua, lagos o lagunas, formadas en zonas montañosas glaciadas, que pueden estar localizados, en la parte inferior, de los circos glaciales, en planicies glaciolacustrinas o en la parte trasera de las morrenas terminales.

En la plancha 153, Chita, se presentan gran cantidad de lagos y lagunas glaciares, pero la mayoría de ellas representan poca extensión, razón por la cual la mayoría de ellas no son cartografiables a la escala de trabajo utilizada.

Esta geoforma se localiza, principalmente, en el costado nororiental y en el margen sur del área de interés, distribuida en los municipios de El Cocuy y Chita, en el área correspondiente a la Sierra Nevada del Cocuy.

La figura 80 presenta este tipo de geoforma ubicada en una planicie glaciolacustrina (Gpgl), y formada detrás de una morrena terminal (morrena de ablación, Gma), mientras que en la figura 82 se aprecia esta misma unidad pero localizada en el piso o base de los circos glaciales y de nivación (Gc).

Figura 80. Se observa una morrena de ablación (Gma), asociada a planicies glaciolacustrinas (Gpgl) y permitiendo la formación de lagos o lagunas glaciares (Glg) en su parte trasera. Vereda El Cuco, municipio de Chita.



Fuente: Autor.

➤ **Ladera Estructural de Cuesta Glaciada (Gcle)**

Las laderas estructurales de cuesta glaciada (Gcle) corresponden a aquellas laderas definidas por su inclinación a favor de la pendiente, caracterizada por poseer una longitud moderada larga, de formas cóncavas a irregulares escalonadas y con pendientes muy escarpadas.

Debido a la influencia glaciaria, las laderas estructurales de cuesta glaciada son numerosas y corresponde a la segunda geoforma más representativa de la zona de estudio, después de las laderas de contrapendiente de cuesta estructural glaciada (Gclc).

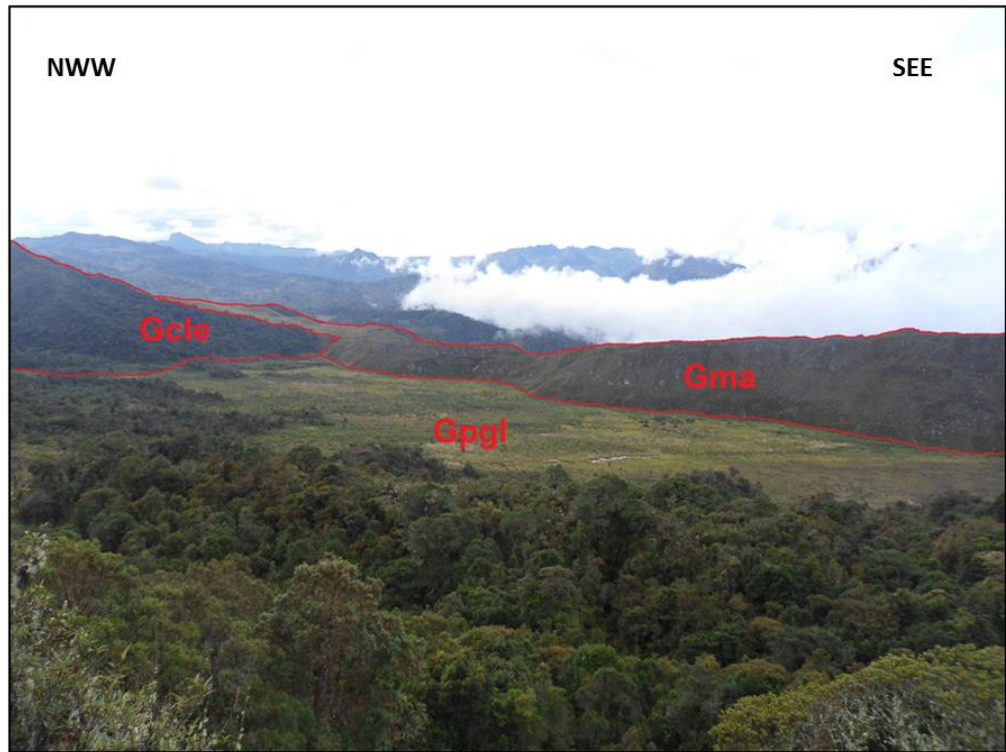
Distribuidas de forma heterogénea en el área de estudio, esta unidad geomorfológica se localiza principalmente hacia el margen nororiental (en el área de la Sierra Nevada El Cocuy), la zona central (municipios de Chita y El Cocuy) y en el costado occidental (municipio de Jericó). En la figura 81 se aprecia un ejemplo de esta geoforma, la cual no presenta procesos de movimientos en masa.

➤ **Ladera Estructural Sierra Anticlinal Glaciada (Gsale)**

Las laderas estructurales de sierra anticlinal glaciada son aquellas laderas de longitudes cortas a extremadamente largas, de formas convexas a rectas y con pendientes abruptas a muy abruptas, cuyos estratos se encuentran dispuestos en el mismo sentido de la pendiente natural del terreno. Esta geoforma se asocia localmente con circos y de nivación y glaciales (Gc).

Las laderas estructurales de sierra anticlinal glaciada, se localizan hacia el sector nororiental, sobre el área de la Sierra Nevada El Cocuy (en el municipio de Tame).

Figura 81. Morrena de ablación (Gma) y ladera estructural de cuesta glaciada (Gcle), limitando y encerrando la extensión del plano glaciolacustrino (Gpgl), asociado, este último a zonas pantanosas o lagunares. Vereda El Cuco, municipio de Chita.



Fuente: Autor.

➤ **Circo Glacial y de Nivación (Gc)**

Bajo este nombre se denominan a las geformas de paredes de formas cóncavas semicirculares de longitudes cortas y con inclinaciones escarpadas, formadas por socavación debida a la acción erosiva de la escarcha en zonas periglaciales o de la nieve en zonas de influencia glacial.

Localizados principalmente hacia el sector de la Sierra Nevada El Cocuy, los circos galciales y de nivación se encuentran localizados en la parte alta de las paredes de valles glaciales, y asociados con valles colgantes menores.

Debido a la inaccesibilidad en la zona, esta geoforma fue cartografiada mediante la fotointerpretación de imágenes Landsat, junto a mapas topográficos, mapas geológicos, mapas geomorfológicos, mapa de pendientes y mapas de sombras (figura 82).

➤ **Aguja Glacial (Ga)**

Corresponde a cerros rocosos de morfología montañosa, de forma irregular, generalmente piramidal, con laderas moderadamente largas de pendientes abruptas a muy escarpadas y de formas cóncavas. La aguja glacial se ubica en la intersección de las paredes de varios circos glaciales y se encuentra relacionada localmente con valles glaciales y de nivación.

En el área de estudio se localizan en las partes altas de las cadenas montañosas, en este caso, en la Sierra Nevada El Cocuy, en los municipios de El Cocuy y Chita.

En la figura 82 se observa esta geoforma, cartografiada mediante la fotointerpretación de imágenes Landsat, junto a mapas topográficos, mapas geológicos, mapas geomorfológicos, mapa de pendientes y mapas de sombras, debido a la inaccesibilidad en la zona.

➤ **Masa Glaciar (Gg)**

Masa de hielo en movimiento que incluye detritos rocosos y se caracteriza por el balance entre acumulación y fusión.

Localizada en la región nororiental, en la Sierra Nevada El Cocuy, en el municipio homónimo, esta geoforma, debido a la inaccesibilidad en la zona, fue cartografiada mediante fotointerpretación de imágenes Landsat, junto a mapas topográficos,



mapas geológicos, mapas geomorfológicos, mapa de pendientes y mapas de sombras. (Figura 82).

➤ **Ladera contrapendiente Sierra Anticlinal Glaciada (Gsalc)**

Corresponden a laderas de estratos inclinados en contra de la pendiente natural del terreno, de longitudes cortas a extremadamente largas, de formas convexas a cóncavas, de pendientes abruptas a escarpadas. Asociados a circos glaciales y de nivación (Gc).

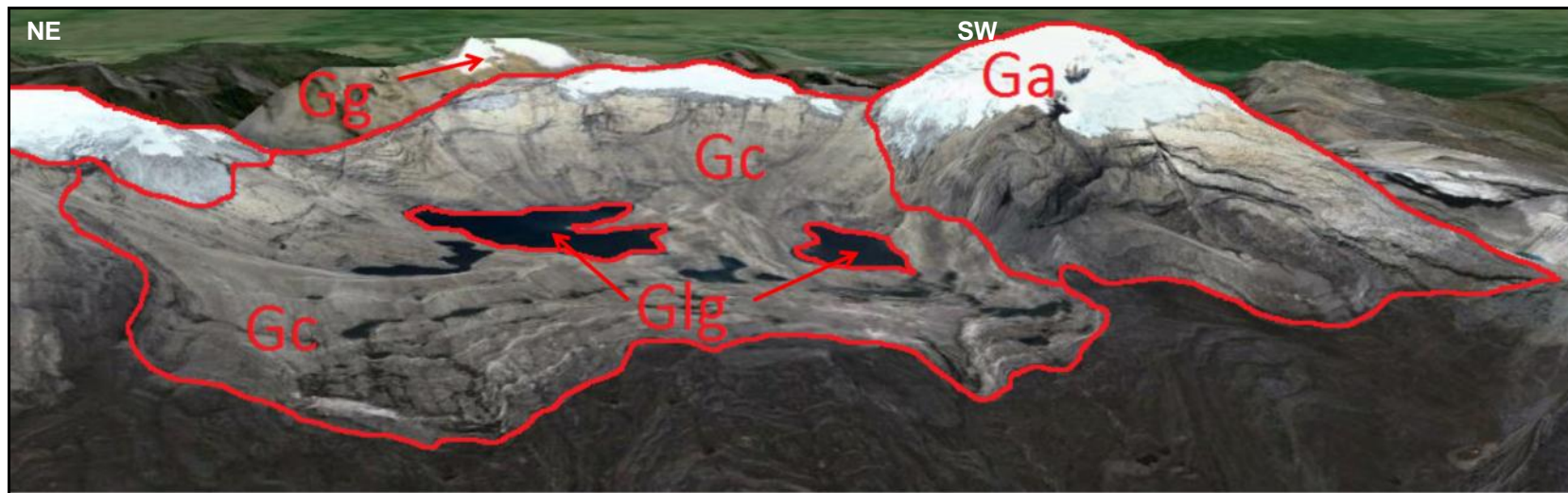
Este tipo de geoforma se localiza hacia el sector de Sierra Nevada de El Cocuy, en el sector central del área de estudio.

➤ **Morrena de Fondo (Gmf)**

Las morrenas de fondo corresponden a montículos de forma alomada ubicados o localizados en el fondo de los valles glaciales, constituidos en general de fragmentos de roca angulares dispuestos caóticamente en matriz arcillosa o arenosa muy compacta.

Esta unidad se localiza en varios sectores, principalmente en varias veredas del municipio de Chita, en el sector central del área de interés, en zonas circundantes a la Sierra Nevada del Cocuy.

Figura 82. Imagen glaciar de la Sierra Nevada del Cocuy, localizada en el municipio homónimo, donde se observan las agujas glaciares (Horn) ubicadas en la intersección de las paredes de los circos glaciares (Gc), en cuya parte inferior, se forman lagunas glaciares (Glg). También es posible apreciar otra geofoma, masa glaciar (Gg).



Fuente: Tomada y modificado de Imagen Landsat tomada de Google Earth.

➤ **Ladera de Contrapendiente de Cuesta Estructural Glaciada (Gclc)**

Representan laderas, cuyos estratos están inclinados en contra de la pendiente natural del terreno, de morfologías montañosas, índice de relieve bajo, laderas de longitud corta de formas escalonadas, las cuales se encuentran formando valles en U.

Debido a la influencia glaciaria, las laderas de contrapendiente de cuesta estructural glaciada son numerosas, ubicándose de forma heterogénea en el área de estudio. Corresponden a la geoforma más representativa de la zona de estudio y aquella que representan la mayor área dentro de la plancha.

Esta unidad se localiza en el sector occidental, en el municipio de Jericó, en la zona central, sobre la zona de la Sierra Nevada de El Cocuy, en jurisdicción de los municipios de Chita y El Cocuy, así como en el costado nororiental, en el municipio de Tame.

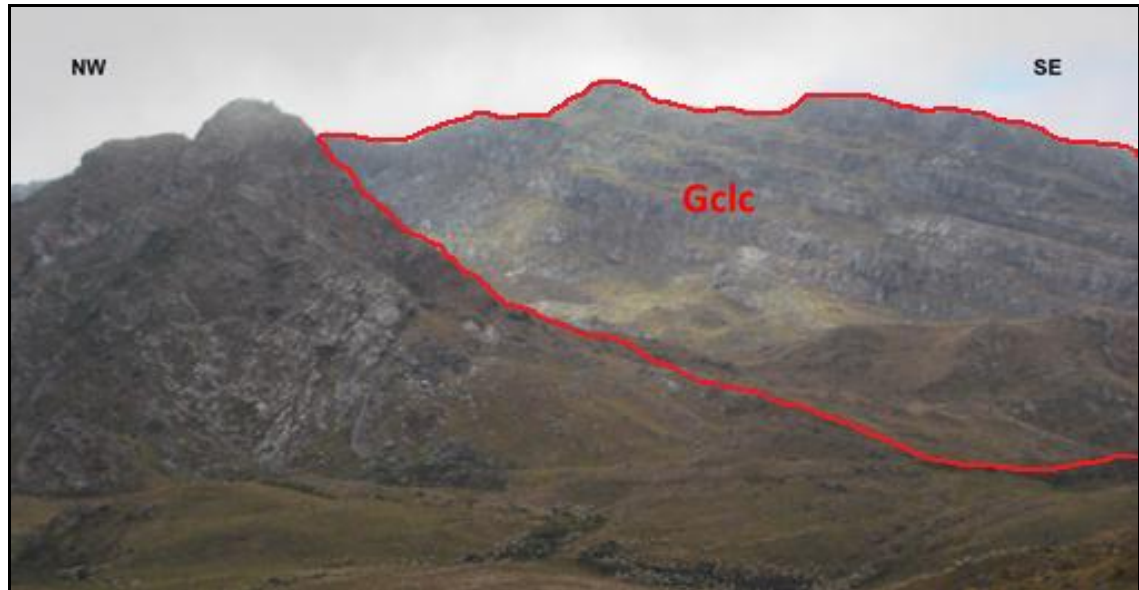
La figura 83 representa este tipo de geoforma localizada en el municipio de Jericó, caracterizada por presentar un patrón de drenaje subdendrítico, no presentar fenómenos morfodinámicos, pero ésta afectada por procesos de gelifracción y erosión de tipo laminar de intensidades moderadas.

➤ **Espolón Estructural Glaciado (Gee)**

Los espolones estructurales glaciados corresponden a salientes simétricas agudas de morfología alomada y laderas cortas, de formas rectas y muy inclinadas a abruptas, formadas por planchas estructurales que limitan valles en forma de "U".

Esta unidad se presenta hacia el sector central del área de estudio, hacia el norte del municipio de Chita.

Figura 83. Ladera de contrapendiente de cuesta estructural glaciada (Gclc), ubicada en el sector conocido como La Chorrera, en el municipio de Jericó.



Fuente: Autor.

➤ **Conos Glaciofluviales (Gcgf)**

Geoforma fácilmente reconocible por su forma de cono, caracterizada por su morfología alomada, índice de relieve bajo, forma recta, longitud moderadamente larga y con pendientes que varían entre 11° y 15° . Presentan un patrón de drenaje subparalelo, muy fino y poco denso. Los conos glaciofluviales están formados por bloques angulares embebidos en una matriz arcillosa, cuyo origen se asocia a corrientes torrenciales producto del deshielo de la parte más distal de una masa glacial.

En el área de interés, estas geoformas se encuentran distribuidas de forma heterogénea, principalmente hacia el sector occidental (municipios de La Uvita, Jericó y Socotá) y en el costado norte (municipio de El Cocuy).

Un claro ejemplo de esta unidad se puede apreciar en la figura 84, localizada hacia el sector occidental del área de estudio, en donde la cabecera municipal del municipio de La Uvita se encuentra sobre esta geoforma. Desarrollada sobre depósitos cuaternarios y cubierta en su mayoría por pastos, sobre esta geoforma se desarrollan actividades económicas de ganadería y agricultura; estos usos generan diferentes problemas de inestabilidad como por ejemplo, reptación de suelos y procesos erosivos de tipo terracetas “patas de vaca”. Esta unidad, también se encuentra afectada por procesos de socavación ejercida por parte de los drenajes presentes en la zona (por ejemplo la quebrada Los Andes).

Figura 84. Cono glaciofluvial sobre el cual se ubica el casco urbano del municipio de La Uvita, presentando procesos erosivos y de reptación de suelos, además de la socavación ejercida por parte de los drenajes presentes en la zona.



Fuente: Autor.

➤ **Ladera Estructural de Espinazo Glaciado (Gegle)**

Corresponden a laderas estructurales con estratos en favor de la pendiente, de longitud muy corta a corta, de formas rectas o convexas y con pendientes muy escarpadas.

Esta geoforma se encuentra localizada hacia el sector sur de la plancha en la vereda Canoas del municipio de Chita, apreciable en la figura 85, desarrollando drenajes de tipo subparalelo moderadamente denso y asociado a procesos erosivos de erosión glacial (gelifracción) de intensidades moderadas.

Figura 85. Ladera estructural de espinazo glaciado (Gegle) donde se observan procesos de erosión glacial (gelifracción) de intensidades moderadas. Vereda Canoas, municipio de Chita.



Fuente: Autor.

➤ **Flancos de Valle Glacial (Gflv)**

Bajo este nombre se designa aquellas geoformas con laderas de forma rectilínea, de pendientes abruptas a ligeramente escarpadas, de longitudes cortas y con índice de relieve bajo.

En la plancha 153, Chita, los flancos de valle glacial, se localizan en varios sectores, en el norte, en el municipio de San Mateo, hacia el costado sur, en el municipio de Chita y hacia el área de la Sierra Nevada del Cocuy, en el municipio de Tame.

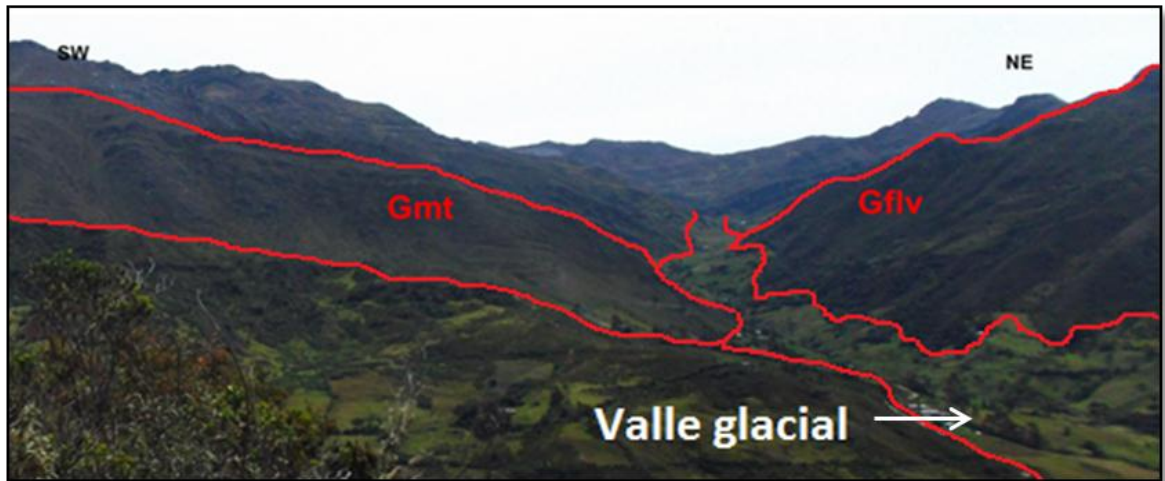
En la figura 86 se puede apreciar este tipo de geoforma ubicada en el municipio de Chita, localizada sobre los bordes de valles glaciares, delimitando el trayecto que recorrió la lengua glacial. Esta unidad está desarrollada sobre rocas cretáceas compactas, presentando un patrón de drenaje de subparalelo a subdendrítico y afectada por una serie de lineamientos que se extienden en dirección norte-sur.

➤ **Morrena Terminal o Frontales (Gmt)**

Esta geoforma se caracteriza por presentarse como prominencias topográficas de morfología alomada, localizadas de manera perpendicular a la dirección del valle glacial, en su parte final. Posee laderas de forma rectilínea a convexa, de longitud muy corta y con pendientes muy inclinadas, constituidas de una mezcla caótica de arcilla, arenas y gravas angulares, cuyo origen se asocia al avance y retroceso de una lengua glacial.

En el área de interés, las morrenas terminales o frontales se ubican en el área de la Sierra Nevada El Cocuy y en el sector sur, en la vereda Rubacha del municipio de Chita, como se observa en la figura 86, la cual se encuentra cubierta en su totalidad por vegetación herbácea, y no presenta movimientos en masa.

Figura 86. Flancos de valle glacial (Gflv) y morrenas frontales (Gmt), ubicadas de manera perpendicular delimitando la extensión y dirección del valle glacial. Sector Rubacha, municipio de Chita.



Fuente: Autor.

6. CONCLUSIONES

La cartografía geomorfológica se constituye en un proceso de vital importancia que permite la caracterización y definición de los diferentes ambientes morfogenéticos y de sus respectivas unidades geomorfológicas o geoformas que identifican el origen, los cambios a través del tiempo y los procesos que modifican hoy día esas expresiones o formas del paisaje. Este conocimiento representa un gran avance en la identificación geomorfológica de una determinada zona, y permite la evaluación de amenazas geológicas por procesos de movimiento en masa que se puedan presentar en un área específica.

La configuración actual del terreno para el área de estudio, refleja el resultado de los procesos endogenéticos, responsables del origen de las unidades geomorfológicas que caracterizan el paisaje (geoformas) y los agentes exógenéticos, que modifican o alteran dichas unidades en diversos grados de intensidad y en diferentes intervalos de tiempo (geológico), permitiendo reconocer cuatro ambientes morfogenéticos diferentes: Glacial (60,71%), Morfoestructural (33,39%), Fluvial (3,13%), y Dunudacional (2,77%).

De lo anterior se observa que el ambiente morfogenético más representativo corresponde al ambiente glacial y periglacial, debido a la presencia de la Sierra Nevada del Cocuy en la parte central de la zona de estudio, cuyas unidades son originadas por procesos de erosión y deposición en zonas de altas montaña, con predominio de las geoformas laderas estructurales de cuesta glaciada (Gcle) y laderas contrapendiente de cuesta glaciada (Gclc); constituyéndose esta última unidad como aquella geoforma que representa la mayor área en toda la zona de estudio.

Las geoformas de origen morfoestructural se presentan distribuidas hacia los costados de la zona de estudio, en el borde oriental, (relacionados con la zona este del Macizo de Santander), y en el costado oriental (asociados a la Cuenca del Cocuy), correspondiendo a una zona caracterizada por presentar grandes estructuras, homoclinales, anticlinales y sinclinales, los cuales se presentan estrechos, replegados y poco continuos debido a procesos de fallamiento intenso, generalmente inverso, producto de la actividad tectónica y asociado al sistema de fallas de Chiscas y a las fallas de Sácama y de Río Nevado. En este ambiente morfogenético, se destacan diferentes unidades como laderas de contrapendiente (Slcp), laderas de sierra sinclinal (Ssslc), laderas estructurales de espinazo (Seles) y espolones faceteados (Sefc).

También es importante destacar las unidades geomorfológicas pertenecientes al ambiente fluvial, lagunar y denudacional, caracterizadas por su origen exógeno, distribuidas de forma heterogénea en toda el área de interés. Se destacan dentro del primer ambiente, fluvial y lagunar, las terrazas de acumulación (Fta) y los cauces activos (Fca), y en el segundo ambiente las unidades conos, lóbulos coluviales de soliflucción (Dco) y conos de deyección (Fcdy); sin embargo la influencia de estos dos ambientes en el área de estudio es muy baja.

El atributo morfodinámico está representado por los diferentes procesos de movimientos en masa presentes en el área de estudio. En total fueron registrados 80 procesos de éstos, que fueron inventariados, clasificados y caracterizados por medio de los formatos de captura de datos correspondientes a movimientos en masa y posteriormente compilados en el Sistema de Información de Movimientos en Masa (SIMMA), en la página del Servicio Geológico Colombiano (www.sgc.gov.co), alimentado dicha base de datos, convirtiéndose así en punto de partida para futuros estudios en la zona de interés.

Los movimientos en masa presentes en la zona de trabajo corresponden, principalmente a deslizamientos traslacionales de tipo planar y flujos, constituidos por material detrítico, aunque también se presentan reptación de suelos, caídas de rocas y deslizamientos rotacionales pero en menor proporción; la mayoría de estos movimientos en masa presentan estados activos, desarrollados sobre unidades de origen glacial y estructural, compuestas principalmente por material sedimentario correspondiente a shale negro, areniscas cuarzosas micáceas y calizas fosilíferas de la Formación Chipaque o Capacho de edad Cretácico Superior.

Estos procesos se presentan sobre laderas de inclinaciones desde abruptas hasta muy escarpadas, en macizos fracturados y bastante replegados, presentando procesos de meteorización y erosión de intensidades moderadas a severas, con desarrollo de surcos, cárcavas y barrancos, generando una gran cantidad de daños, entre ellos, la infraestructura vial, las viviendas (principalmente de tipo rural), y el sector agrícola y ganadero.

El factor detonante para la ocurrencia de estos procesos corresponde al agua, representado en procesos erosivos de tipo pluvial y fluvial, procesos de socavación y la recurrencia de las precipitaciones. Lo anterior sumado a la deforestación bastante marcada en algunos sectores del occidente del área de interés (municipios de Chita y Jericó), debido al desarrollo de determinadas actividades antropológicas, como la ganadería y agricultura, así como la construcción de centros poblados en zonas no aptas para determinados fines, genera taludes descubiertos, aumento de la inestabilidad de las laderas y por consiguiente el desplazamiento del material constituyente de la misma.

7. RECOMENDACIONES

- El presente informe describe las características morfodinámicas y morfogenéticas presentes en el área de interés, correspondiente a las planchas 137, El Cocuy y 153, Chita, a escala 1:100.000. Sin embargo la información aquí presentada no debe ser tomada como un resultado final, si no como un aporte al conocimiento geomorfológico de la zona de estudio; por tal razón los resultados aquí expuestos, están sujetos a futuras revisiones y cambios, con el único objetivo de mejorar la calidad de los productos entregados.
- La escala de trabajo utilizada, 1:100.000, representa un factor limitante para la cartografía de pequeñas unidades geomorfológicas o procesos correspondientes a movimientos en masa de dimensiones menores (extensiones inferiores a 4 hectáreas), que actualmente están modificando y transformando la superficie terrestre. Debido a esto, se recomienda realizar estudios posteriores a mayor escala para el área de trabajo.
- Es aconsejable el continuo monitoreo de ciertas áreas calificadas como zonas críticas o de alta importancia, desde el punto de vista de la amenaza relativa y de los daños generados por los diferentes procesos de movimientos en masa presentes. Lo anterior, contribuirá para el desarrollo de obras de contención y planes de mitigación, de forma temprana y oportuna, para reducir el efecto causado por estos procesos.

BIBLIOGRAFIA

- Alcaldía de Chita, Boyacá. (2013) Nuestro municipio. [Fecha de consulta: 3 de Diciembre del 2013]. Disponible en <http://www.chita-boyaca.gov.co/indicadores.shtml>
- Alcaldía de Guicán, Boyacá. (2013) Nuestro municipio. [Fecha de consulta: 3 de Diciembre del 2013]. Disponible en <http://www.guican-boyaca.gov.co/indicadores.shtml>.
- Corporación Autónoma Regional de Boyacá, Universidad Distrital José Francisco de Caldas (2009) Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Media del Río Chicamocha.
- FABRE, A. (1983a) Geología de la extremidad sur de la Sierra Nevada del Cocuy y los alrededores de La Salina y Sácama, plancha 153 Chita. Escala 1:100.000. Instituto Colombiano de Geología y Minas, INGEOMINAS, 209 p. Bogotá, Colombia.
- Fabre, A., (1981) Geología regional de la Sierra Nevada del Cocuy, plancha 137, El Cocuy. Departamento de Boyacá e Intendencia de Arauca. Instituto Colombiano de Geología y Minería, INGEOMINAS. 184 p. Bogotá, Colombia.
- Fabre, A., Osorio, M., Vargas, R. & Etayo, F. (1983b). Reseña explicativa del mapa geológico preliminar plancha 153 Chita. Escala 1:100.000. Instituto Colombiano de Geología y Minas, INGEOMINAS, 24p. Bogotá, Colombia.

- Fabre, A., Osorio, M., Vargas, R., & Etayo, F. (1985). Reseña explicativa mapa geológico preliminar plancha 137 El Cocuy. Escala 1:100.000. Instituto Colombiano de Geología y Minería, INGEOMINAS, 27p. Bogotá, Colombia.
- Felicísimo, A. (1994) Modelos Digitales del terreno. Introducción y aplicaciones en las ciencias ambientales. Biblioteca de historia Natural, 3. 220 p. Pentalfa Ediciones, Oviedo, España.
- Gutiérrez, M. (1993) Compendio de Teledetección Geológica. Universidad de Oviedo. p. 19. ISBN: 84-7468-793-4 Oviedo. España.
- Huggert, R. (2007) Fundamentals of Geomorphology. Edited by John Gerrard. Ed. 2. 483 p. ISBN 0-203-94711-8. Routledge Editions, New York, Estados Unidos.
- Instituto de hidrología, meteorología, y aspectos ambientales, IDEAM. 2005. Atlas Climático de Colombia.
- Proyecto multinacional andino: Geociencias para las comunidades andinas, PMA-GCA. (2007) Movimientos en masa en la región andina: Una guía para la evaluación de amenazas. Servicio Nacional de Geología y Minería. Publicación Geológica Multinacional No 4, 432 p., 1 CD-ROM.
- Ritter, D., Kochel, R., Miller, J. (2011). Process Geomorphology. Ed. 5. 652p. ISBN 1-57766-669-0 Waveland Press, Inc. Long Grove, Estados Unidos.
- Servicio Geológico Colombiano, SGC, (2012b) Documento Metodológico de la Zonificación y Amenaza Relativa por Movimientos en Masa. Escala: 1:100.000.



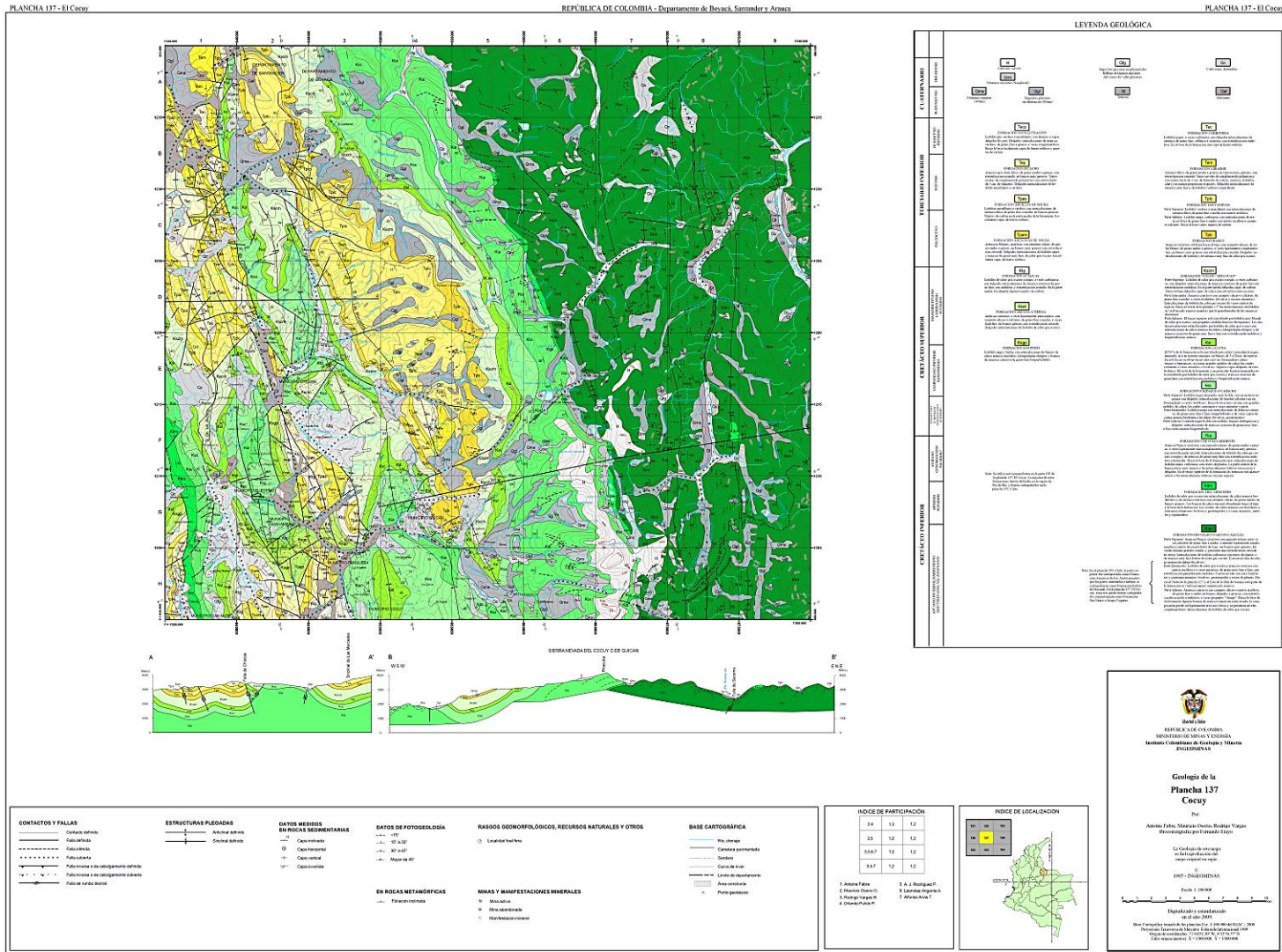
- Subdirección de Amenazas Geológicas y Entorno Ambiental. 135 p. Bogotá, Colombia.
- Servicio Geológico Colombiano, SGC. (2012) Propuesta Metodológica Sistemática para la Generación de Mapas Geomorfológicos Analíticos Aplicados a la Zonificación de Amenaza por Movimientos en Masa Escala 1:100.000. Subdirección de Amenazas Geológicas y Entorno Ambiental. 88 p. Bogotá, Colombia.
 - Servicio Geológico Colombiano, SGC. (2013) Documento Metodológico de la Zonificación y Amenaza Relativa por Movimientos en Masa. Escala: 1:100.000. Versión No2. Subdirección de Amenazas Geológicas y Entorno Ambiental. 158 p. Bogotá, Colombia.
 - Universidad Industrial de Santander, UIS. (2013) Tabla de recolección de datos de morfometría para la cartografía geomorfológica.
 - Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM. (1989) Diccionario geomorfológico. Coordinación de Ciencias. Instituto de geografía. 337 p. ISBN: 968–36-0862-0. México, D.F, México.
 - Villota, H. (1989) Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de las tierras. Primera parte (Geomorfología de zonas montañosas, colinadas y onduladas). Instituto Geográfico “Agustín Codazzi”. p. 3-13. Bogotá, Colombia.
 - Zinck, J. (2012) Geopedología. Elementos de geomorfología para estudios de suelos y de riesgos naturales. Faculty of Geo-Information Science and Earth Observation. 123 p. ISBN: 90 6164 339 2. Enschede, Holanda.



ANEXOS



**ANEXO A: MAPA GEOLÓGICO DE LA PLANCHA 137, EL
COCUY ESCALA 1:100000**

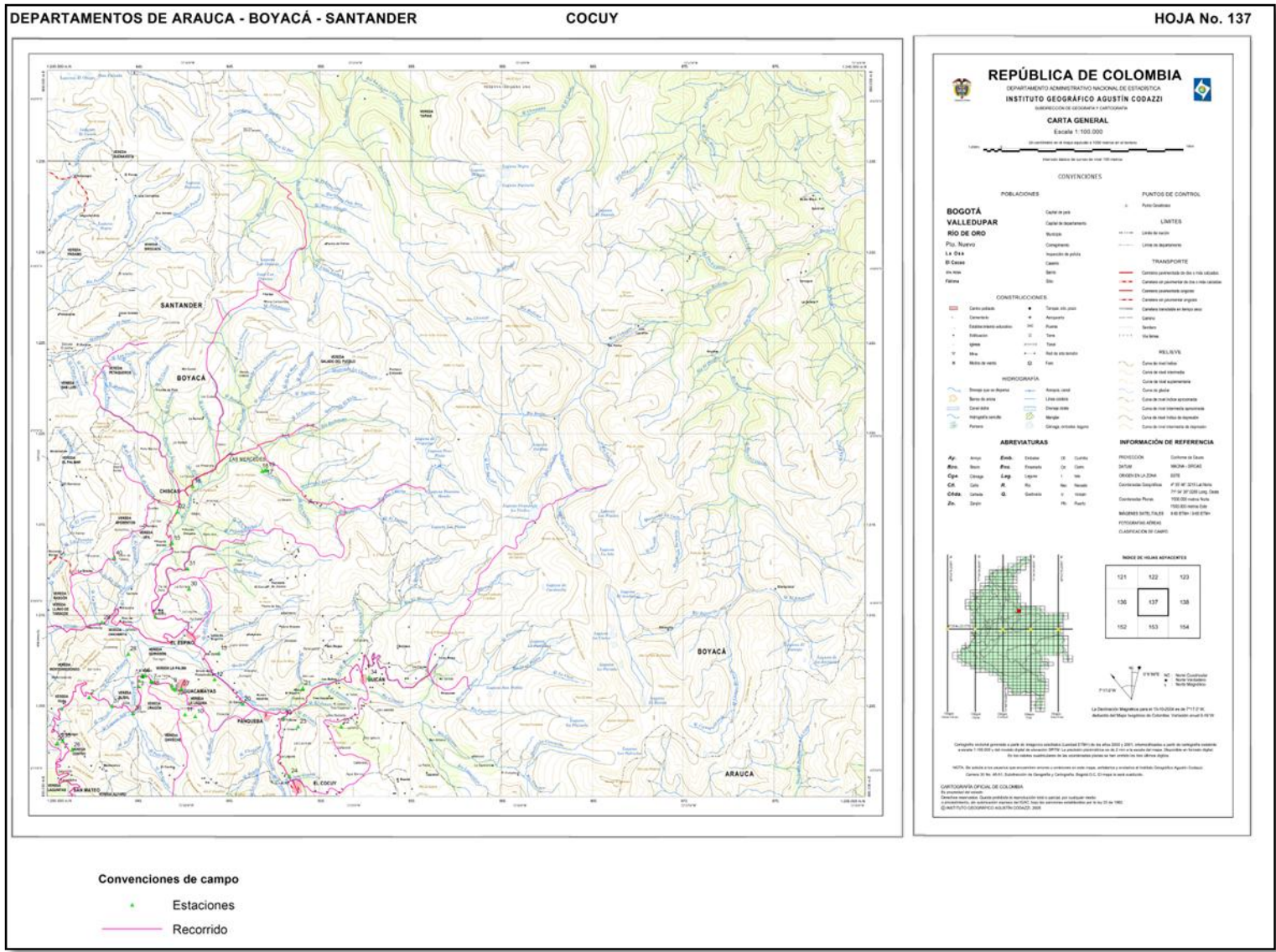




**ANEXO B: MAPA GEOLÓGICO DE LA PLANCHA 153,
CHITA ESCALA 1:100000**



**ANEXO C: MAPA DE RECORRIDOS Y ESTACIONES DE
CAMPO (ATRIBUTO MORFODINÁMICO) PLANCHA 137,
EL COCUY**





**ANEXO D: MAPA DE RECORRIDOS Y ESTACIONES DE
CAMPO (ATRIBUTO MORFODINÁMICO) PLANCHA 153,
CHITA**



**ANEXO E: MAPA DE RECORRIDOS Y ESTACIONES DE
CAMPO (ATRIBUTO MORFOGENÉTICO) PLANCHA 137,
EL COCUY**



ANEXO F: MAPA DE RECORRIDOS Y ESTACIONES DE CAMPO (ATRIBUTO MORFOGENÉTICO) PLANCHA 153, CHITA



**ANEXO G: MAPA DE UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS
PLANCHA 137, EL COCUY**



ANEXO H: MAPA DE UNIDADES GOEMORFOLÓGICAS PLANCHA 153 CHITA

