

**CONTRIBUCIÓN A LOS ESTUDIOS DE GEOMORFOLOGÍA PARA LA
ZONIFICACIÓN DE AMENAZA RELATIVA POR MOVIMIENTOS EN MASA EN
LA PLANCHA 301 – PLANADAS (ESCALA 1:100.000), ZONA NORESTE DEL
NEVADO DEL HUILA.**

HERNAN FERNEY HERNANDEZ SANCHEZ

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-QUIMICAS
ESCUELA DE GEOLOGIA
BUCARAMANGA
2014**

**CONTRIBUCIÓN A LOS ESTUDIOS DE GEOMORFOLOGÍA PARA LA
ZONIFICACIÓN DE AMENAZA RELATIVA POR MOVIMIENTOS EN MASA EN
LA PLANCHA 301 – PLANADAS (ESCALA 1:100.000), ZONA NORESTE DEL
NEVADO DEL HUILA.**

HERNAN FERNEY HERNANDEZ SANCHEZ
Proyecto de Grado para optar el Título de Geólogo

Director:
SAIT KHURAMA
Magister en Geología

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-QUIMICAS
ESCUELA DE GEOLOGIA
BUCARAMANGA
2014

DEDICATORIA

Al creador de todas las cosas, el que me ha dado fortaleza para continuar cuando a punto de caer he estado; por ello, con toda la humildad que de mi corazón puede emanar, dedico primeramente mi trabajo a Dios.

Con todo mi cariño y mi amor para las personas que hicieron todo en la vida para que yo pudiera lograr mis sueños, por motivarme y darme la mano cuando sentía que el camino se terminaba, a ustedes por siempre mi corazón y mi alma. Mamá y Papá.

A tu paciencia y comprensión, preferiste sacrificar tu tiempo para que yo pudiera cumplir con el mío. Por tu bondad y sacrificio me inspiraste a ser mejor para ti, ahora puedo decir que esta tesis lleva mucho de ti, gracias por estar siempre a mi lado. Nayelith Galvis.

Siempre te he visto como mi segunda madre, gracias a tu sabiduría, me diste en la madurez para lograr todos los objetivos en la vida, este trabajo es para ti en agradecimiento por todo tu amor, Chelita!!!

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar doy infinitamente gracias a Dios, por haberme dado el valor y la fuerza para lograr culminar esta etapa de mi vida.

Agradezco también la confianza y el apoyo brindado por parte de mi madre y a mi padre, que sin duda alguna en el trayecto de mi vida me han demostrado su amor, corrigiendo mis faltas y celebrando mis triunfos.

A mis primas, que con sus consejos me han ayudado a afrontar los retos que se me han presentado a lo largo de mi vida.

Agradezco especialmente a mis tíos quienes con su ayuda, cariño y comprensión han sido parte fundamental de mi vida.

Al geólogo Sait Khurama por toda la colaboración brindada, durante la elaboración de este proyecto.

A mis maestros que en este andar por la vida, influyeron con sus lecciones y experiencias en formarme como una persona de bien y preparada para los retos que pone la vida, a todos y cada uno de ellos les dedico cada una de estas páginas.

A todos los compañeros y compañeras quisiera darles las gracias por los buenos momentos que hemos compartido. Creo que todos hemos aprendido y aprendemos continuamente de todos y de nosotros mismos, tanto profesional como personalmente. Y eso es enriquecedor en ambos ámbitos. En especial un cariñoso reconocimiento a los que me han demostrado su apoyo y brindado sus ánimos y consejos durante todo este tiempo: Carlos Cote, Carlos Mantilla, Carlos Delgado, Steven Flórez, Julio Blanco, Yesid Aguilar, Laura Meléndez, Carlos Celis,

Edgar Mendoza, Yosep Murillo, Leidy Plata, Iván Báez, Marvin Camacho, Juan Rozo, Diego Fuentes, Anderson Ardila, Sebastián Aguilar, Félix Viadero, Rubén Vargas, Miguel moreno, Rafa, Mafe lozano, Mayra Vargas, Johana Paola Vargas, Andrés Pérez, Harry Serpa, José Porras, Edwin Díaz, Oscar Forero, Diego Hernández, Jesús Rincón, William Duarte, Oscar Romero, Laura Jaimes, Cristina Ardila, Jorge Abril, Leonardo Daza, Alexander Santamaría, GCT, y a Edgar Giovanni García, el compa de siempre, gracias mi hermano.

Finalmente a Joaquín Andrés Valencia y Jorge Leonardo Chaparro porque cada una con sus valiosas aportaciones hicieron posible este proyecto y por la gran calidad humana que me han demostrado con su amistad.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	21
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	23
1.1 JUSTIFICACION	23
2. OBJETIVOS.....	25
2.1 OBJETIVO GENERAL	25
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	25
3. LOCALIZACIÓN	26
4. METODOLOGÍA APLICADA	27
4.1 FASE 1. RECOPIACIÓN, PROCESAMIENTO E INTERPRETACIÓN DE LA INFORMACIÓN.....	28
4.2 FASE 2. RECOPIACIÓN DE DATOS EN CAMPO, ANÁLISIS, VERIFICACIÓN.....	34
4.3 FASE III: REVISIÓN E INFORME FINAL	38
5. MARCO TEORICO	40
5.1 MORFOGÉNESIS	42
5.1.1 Unidades geomorfológicas (Escala 1:50.000 a 1:100.000).....	42
5.2 MORFODINÁMICA	48
5.2.1 Caída.....	50
5.2.2 Volcamiento.....	51
5.2.3 Deslizamiento.....	52
5.2.4 Flujo.....	54
6. CARACTERÍSTICAS GENERALES	56

6.1 CARACTERÍSTICAS CLIMATOLÓGICAS GENERALES DE LA ZONA DE ESTUDIO	57
6.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS SUELOS DE LA ZONA DE ESTUDIO	58
7. MARCO GEOLÓGICO.....	60
7.1 ESTRATIGRAFÍA.....	61
7.1.1 Complejo Icarco (PCAi).	61
7.1.2 Grupo Cajamarca (Pzen-Pzev).	61
7.1.3 Formación Payandé (TRp).....	61
7.1.4 Formación Saldaña (JR _s)..	62
7.1.5 Batolito de Ibagué (Jgdi).	62
7.1.6 Formación Yaví (JR _y).	63
7.1.7 Rocas Sedimentarias de la Quebrada Barranco (Kb)	63
7.1.8 Formación Guaduas (Tkg).....	64
7.1.9 Grupo Gualanday (Tmgm-Tmgi).....	64
7.1.10 Formación Honda (Tsh).....	65
7.1.11 Rocas Hipoabisales (Tad).....	65
7.1.12 Depositos Recientes (Qm-Qar).....	65
7.2 GEOLOGIA ESTRUCTURAL	66
7.2.1 Fallas.	66
7.2.2 Lineamientos Fotogeológicos..	67
7.2.3 Pliegues.	67
8. GEOMORFOLOGIA DE LA PLANCHA 301 – PLANADAS	68
8.1 GEOFORMAS DE ORIGEN DENUDACIONAL.....	70
8.1.1 Colina remanente disectada (Dcred).	70

8.1.2 Colina remanente muy disectada (Dcremd).....	70
8.1.3 Cono de deslizamiento indiferenciado (Ddi)..	71
8.1.4 Lomeríos disectados (Dldi).	72
8.1.5 Lomeríos poco disectados (Dlpd). .	73
8.1.6 Sierra denudada (Dsd).	74
8.2 GEOFORMAS DE ORIGEN FLUVIAL.....	74
8.2.1 Cauce aluvial (Fca).....	75
8.2.2 Planicie aluvial confinada (Fpac).	75
8.2.3 Plano o llanura de inundación (Fpi).	76
8.2.4 Terraza de acumulación (Fta).....	76
8.2.5 Terraza de acumulación antigua (Ftan).	77
8.2.6 Escarpe de terraza de erosión (Ftee).	78
8.3 GEOFORMAS DE ORIGEN GLACIAL.....	78
8.3.1 Circo glacial y de nivación (Gc).	79
8.3.2 Espolón estructural glaciado (Gee).....	80
8.3.3 Flancos de valle Glacial (Gflv).	80
8.3.4 Laguna Glacial (Glg).	80
8.3.5 Morrenas de Fondo (Gmf)..	81
8.3.6 Plano y cono de Sobrelavado Glacial (Gpcs).	82
8.3.7 Sierra Cristalina Glaciada (Gsg)..	82
8.4 GEOFORMAS DE ORIGEN MORFOESTRUCTURAL	83
8.4.2Espolón (Ses)..	84
8.4.3 Faceta triangular (Sft). .	85
8.4.4 Ladera escalonada (Sles).	86

8.4.5 Lomo de falla (Slf).....	87
8.4.6 Escarpe de línea de falla (Slfe).....	88
8.4.7 Sierra homoclinal (Ssh).....	88
8.4.8 Ladera de contrapendiente de sierra homoclinal (Sshlc).	89
8.4.9 Ladera estructural de sierra homoclinal (Sshle).....	90
8.4.10 Sierras y lomos de Presión (Sslp).....	92
9. MORFODINAMICA.....	93
9.1 INDICADORES ESTADÍSTICOS	97
9.1.1 Clasificación del movimiento.....	98
9.1.2 Cobertura del Suelo.	99
9.1.4 Formación Geológica.....	99
9.1.3 Usos del Suelo.....	101
9.1.5 Causas del Movimiento.....	101
9.1.6 Tipo de Erosión.	103
10. CONCLUSIONES	104
11. RECOMENDACIONES	106
12. BIBLIOGRAFIA	107

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Localización área de estudio Plancha 301 – Planadas.....	26
Figura 2. Distribución Porcentual del Catalogo Histórico de Movimientos en Masa.	33
Figura 3. Formato Modificado para inventario de Movimientos en Masa Vs 2012 SGC (2013). Imagen frontal.....	35
Figura 4. Formato Modificado para inventario de Movimientos en Masa Vs 2012 SGC (2013). Imagen posterior	36
Figura 5. Formato de recolección de datos para cartografía geomorfológica.	37
Figura 6. Esquema modificado de jerarquización geomorfológica.....	43
Figura 7. Esquema de proceso metodológico para la elaboración de un Mapa Geomorfológico.....	45
Figura 8. Patrón de drenaje controlado por estructura o pendiente (Huggett, 2007 en SGC 2012)	47
Figura 9. Esquema Ilustrativo de caída de roca.....	50
Figura 10. Esquema Ilustrativo de Volcamiento de roca. Tomado de Cruden y Varnes. 1996.....	51
Figura 11. Esquema Ilustrativo de Deslizamiento Rotacional.	53
Figura 12. Esquema Ilustrativo de Deslizamiento Traslacional.....	53
Figura 13. Esquema Ilustrativo de Deslizamiento Traslacional.....	54
Figura 14. Representa a la unidad Ddi, identificada sobre la vereda San José, Margen Este de la Plancha, donde se resalta su geometría en forma de cono, de superficies onduladas.	71
Figura 15. Representa a la unidad Dldi, localizada sobre la vereda Casa de Zinc, vía que comunica a Planadas con Santa Rita - Aipe.	72
Figura 16. Representa a la unidad Dlpd, identificada sobre la vía que comunica a Planadas con el Paujíl, por el sector conocido como El Cóndor, por la quebrada Bolsillo.	73

Figura 17. Representa a la unidad Dsd, en la vereda Coloradas, remarcando el patrón de drenaje paralelo, desarrollada sobre las Granodioritas del batolito de Ibagué (Jgdi).....	74
Figura 18. Representa la unidad Fpac, identificada hacia el NE de la plancha, en la vía que comunica a Planadas con Ataco, en el margen NW del Filo El Águila, sector donde se une el río Atá con el Río Saldaña.	75
Figura 19. Representa la unidad Fpi, identificada en la vía Planadas – Bilbao, margen E de la plancha	77
Figura 20. Se identifica la unidad Ftan, localizada sobre el municipio de Planadas, al sureste de la plancha.	78
Figura 21. Representa la Unidad Gc, localizado en el extremo SW de la Plancha, (Tomado de Google Earth).	79
Figura 22. Identifica la unidad Gflv y Gmf, vía que comunica a Herrera con El Auxilio.	81
Figura 23. Representa las Unidades Gflv, Gsg, Glg y Gmf, se resaltan morfologías en U en la unidad Gsg, y el valle característico en U abierto en la parte inferior de un circo glaciar en la unidad Gflv. Se localizan sobre el margen Oeste de la Plancha.....	83
Figura 24. Representa la unidad Ses, donde se denota un patrón de drenaje subdentrítico, con valles en “V” abiertos.	84
Figura 25. Representa la unidad Sft. Localizada en la vereda La Reina, en el NW de la plancha.....	85
Figura 26. Representa a la unidad Sles, vía que comunica a Herrera con la vereda Campo Hermoso, sector conocido como El Porvenir.....	86
Figura 27. Unidad Slf, donde se remarca el patrón de drenaje subparalelo, de cobertura vegetal considerable, donde el contacto se demarca sobre el trazo del río Cachichí.....	87
Figura 28. Unidad Ssh, sobre la vereda Maquencal, en donde se remarca su patrón de drenaje definido recalando cimas agudas laderas de forma cóncavas.	89

Figura 29. Representa a la unidad Sshle, sobre el margen oeste del municipio de Planadas, donde se denotan superficies onduladas.....	90
Figura 30. Deslizamiento traslacional identificados en la unidad Sshle, se identificó sobre la vía que comunica a Planadas con la vereda Bellavista.....	91
Figura 31. Se identificó sobre la vía que comunica a Planadas con el caserío El Paujil, a 4 km del sector conocido como La Estrella.	91
Figura 32. Deslizamiento traslacional en cuña, identificado en la vía que comunica a Planadas con Santa Rita - Praga - Aipe, predominio de material tierra, desarrollo de suelo residual.....	92
Figura 33. Deslizamientos Traslacionales característicos hacia la parte Este de la Plancha 301 - Planadas, movimientos de reptación de suelos.....	95
Figura 34. Deslizamientos Traslacionales característicos hacia la parte Centro de la Plancha 301 – Planadas.	96
Figura 35. Deslizamientos Traslacionales característicos hacia la parte Oeste de la Plancha 301 – Planadas.	97
Figura 36. Muestra la densidad de población representada en porcentajes para cada Tipo de Movimiento.....	98
Figura 37. Muestra la densidad de población representada en porcentajes de la Cobertura del Suelo en cada Movimiento.	99
Figura 38. Muestra la densidad de población representada en porcentajes de las unidades geológicas	100
Figura 39. Muestra la densidad de población representada en porcentajes del Uso del Suelo en cada Movimiento.	101
Figura 40. Muestra la densidad población representada en porcentajes de las causas de cada Movimiento.	102
Figura 41. Muestra la densidad de población representada en porcentajes del Tipo de Erosión en cada Movimiento.....	103
Figura 42. Mapa geomorfológico de la Plancha 301 - Planadas.....	110
Figura 43. Mapa de recorridos y puntos de movimientos en masa.....	111
Figura 44. Mapa de recorridos y estaciones de control geomorfológico.	112

Figura 45. Mapa geológico de la Plancha 301 – Planadas. 113

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Catalogo histórico reportado por el Servicio Geológico Colombiano en base de datos SIMMA.....	28
Tabla 2. Relación del tiempo con eventos y porcentaje.....	32
Tabla 3. Forma de creta y valles (Tomada de SGC 2012).....	47
Tabla 4. Tipos de Movimientos en Masa.	49
Tabla 5. Porcentaje de cubrimiento de unidades sobre la Plancha 301 Planadas	68
Tabla 6. Movimientos en masa determinados en campo de la Plancha 301 – Planadas.....	93
Tabla 7. Clasificación del movimiento.....	98
Tabla 8. Cantidad de procesos identificados en cada Formación geológica	100
Tabla 9. Tipo de Erosión.....	103

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO A. MAPA GEOMORFOLOGICO DE LA PLANCHA 301-PLANADAS. DEPARTAMENTOS DEL HUILA Y TOLIMA. ESCALA 1:100.000.....	110
ANEXO B. MAPA DE ESTACIONES Y RECORRIDOS DE CAMPO.	111
ANEXO C. MAPA DE ESTACIONES Y RECORRIDOS DE CAMPO.	112
ANEXO D. MAPA GEOLÓGICO PLANCHA 301-PLANADAS. ESCALA 1:100.000	113

RESUMEN

TÍTULO: CONTRIBUCIÓN A LOS ESTUDIOS DE GEOMORFOLOGÍA PARA LA ZONIFICACIÓN DE AMENAZA RELATIVA POR MOVIMIENTOS EN MASA EN LA PLANCHA 301 – PLANADAS (ESCALA 1:100.000), ZONA NORESTE DEL NEVADO DEL HUILA.

AUTOR: Hernán Ferney Hernández Sánchez

PALABRAS CLAVE: Morfogénesis, Geomorfología, Morfodinámica, Movimientos en Masa, Zonificación.

La geomorfología aplicada es una herramienta estratégica para la evaluación y proyección del comportamiento del terreno ya que está enfocada hacia la clasificación del relieve para lograr la agrupación de los materiales naturales (rocas y suelos). Para el área de estudio se identificaron unidades morfogénicas denudacionales, fluviales, glaciales, y estructurales, a partir de formas del terreno resultado de eventos sucesivos en el tiempo; también causas y procesos que dieron origen al paisaje.

En el valle interandino del Alto Magdalena el relieve es modelado por factores endogenéticos debido al levantamiento de las cordilleras, principalmente la Central, modelando unidades morfoestructurales; presenta fuertes procesos exógenos de erosión y meteorización que definen zonas de colinas, lomeríos y planicies tallando unidades denudacionales, se definen depositaciones a causa de los deshielos característicos de esta zona originando unidades glaciales, debido a las erupciones del Nevado del Huila y surcado por una densa red hídrica representada por unidades geomorfológicas fluviales.

En la vida Cotidiana es de vital importancia tener conocimiento de las principales zonas de riesgo de amenazas geológicas o de movimientos en masa, hacia la zona Sur de Colombia, se llevó a cabo un estudio en la Plancha 301 - Planadas, comprendida principalmente por el Departamento del Tolima y parte del Departamento del Huila, basándose en aspectos como Geología, entre otros; con el fin de lograr tener una visión detallada de las zonas con mayor vulnerabilidad y susceptible a ocasionar movimientos de Remoción en Masa.

* Proyecto de Grado. Modalidad. Pasantía de investigación

** Facultad de Ingenierías Físicoquímicas. Escuela de Geología. Director: Sait Khurama Velazques

ABSTRACT

TITLE: CONTRIBUTION TO THE STUDY OF GEOMORPHOLOGY THREAT TO THE ZONING BY MOVING MASS ON THE PLATE 301 (1:100,000 SCALE) NORTHEAST AREA OF NEVADO DEL HUILA.

AUTHOR: Hernán Ferney Hernández Sánchez

KEY WORDS: Morphogenesis, Geomorphology, Morphodynamic, Mass Movements, Zoning.

The applied geomorphology is a strategic tool for testing and to predict the terrain behavior since it is focused to the classification of the relief for achieves the grouping of the natural resources (rocks and soils). For the studying area were identified denudational morphogenetic units, structural, fluvial, and Glacial. from the ground shape as a result of successive events in time, also causes and processes that gave rise to the landscape.

In the interandean valley of Upper Magdalena the relief is modeled by endogenetic factors such us the mountain range lifting ,modeling morfostructural units, showing strong exogenous processes of erosion and weathering that define areas of hills, little hills and plains shaping denudational units., deposits any defined because of the melting of this area causing glacial units due to the eruption of Nevado del Huila, and it's ploughed by a dense water network represented by fluvial geomorphological units.

In Everyday life is vital to have knowledge of the main areas of geologic hazards or risk of landslides, to the South of Colombia, carried out a study on the plate 301 - Planadas mainly comprised of the Department Tolima and the Department of Huila, based on aspects such as geology, among others; in order to achieve a detailed overview of the areas most vulnerable and susceptible to cause movements Mass Removal.

* Graduate Project. Mode. Research Internship

** Faculty of Physicochemical engineering. School of Geology. Director. M. Sc. Sait Khurama Velazquez

INTRODUCCIÓN

El cambio climático fomentado por el aumento de la emisión de gases de invernadero, minería irresponsable y la deforestación ha generado variaciones en el régimen de las lluvias, principal detonante de inestabilidad en el terreno, acentuando la necesidad de medidas preventivas técnicas, humanas y organizativas, que se vean reflejadas en una mejor organización territorial, recuperación de calidad de vida y direccionamiento de recursos para evitar desastres expresados en pérdidas ambientales, económicas y vidas humanas.

El Servicio Geológico Colombiano (SGC), por competencias legales conferidas tiene la responsabilidad de actuar en la materia lo cual se ha concretado mediante el proyecto de cartografía nacional de la amenaza por movimientos en masa, uno de los factores fundamentales en el proceso de la elaboración cartográfica mencionada corresponde a la geomorfología, aspecto que sintetiza comportamientos intrínsecos (situaciones de inestabilidad que generan susceptibilidad) y extrínsecos (situaciones detonantes que generan desencadenamiento de la amenaza) por los que suceden eventos de movimientos en masa.

La definición, delimitación y caracterización de las diferentes formas y expresiones del terreno (unidades geomorfológicas) se hizo a través de interpretación de imágenes, sensores remotos y control de campo, y como resultado de la interpretación de las geoformas y los procesos presentes en la Plancha 301 Planadas, en los departamentos del Huila y Tolima.

Las unidades definidas en el área de estudio corresponden con ambientes morfogenéticos de tipo ambiente morfoestructural hacia la parte central de la zona comprendida por la Plancha 301 Planadas, donde se encuentran varias fallas importantes y pliegues; ambiente denudacional hacia varios sectores debido a que

se trata de un relieve moderado con presencia de fuertes procesos de erosión y meteorización; ambiente fluvial en baja proporción, ambiente Glacial caracterizado en el sector Oeste de la plancha debido a estar en la zona norte del Nevado del Huila.

Para complementar este análisis, se realizó una caracterización de movimientos de remoción en masa teniendo en cuenta la descripción realizada por Cruden y Varnes (1996), donde se tomaron aspectos importantes como los tipos de movimientos, el subtipo de movimiento, el tipo de material predominante en cada movimiento, entre otros. Con esto se logra tener una categorización de cada movimiento para delimitar zonas de interés susceptible a provocar dichos procesos, con lo que se logra un margen regional geomorfológico y se pueden identificar otras zonas de afectación en menor proporción.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la vida Cotidiana es de vital importancia tener conocimiento de las principales zonas de riesgo de amenazas geológicas o de movimientos en masa.

Colombia es un país con climatología variable debido a su localización cerca del trópico, lo cual afecta la superficie terrestre a causa de factores como meteorización intensa, activación de fallas geológicas, y procesos erosivos intensos, ocasionan movimientos en masa de magnitudes variables en todo el territorio Colombiano.

A partir de esta problemática, el Servicio Geológico Colombiano en convenio con las escuelas de Geología de las universidades, se procede a generar mapas de zonificación de susceptibilidad y amenaza relativa por movimientos en masa a escala 1:100.000 para la plancha 301 – Planadas, teniendo en cuenta variables como morfogénesis, morfodinámica y morfometría, con el fin de lograr generar una visión detallada y regional de estos procesos.

1.1 JUSTIFICACION

Como un proyecto a nivel nacional, el Servicio Geológico Colombiano (SGC) 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 a masa en escala 1:100.000 con sus respectivas memorias.

En el caso de la UIS, la Escuela de Geología ha firmado el Convenio 009/13 con el Servicio Geológico Colombiano, para realizar este proyecto en 20 planchas discriminadas así: 10 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 y 153).

La información generada en escala 1:100.000 servirá para futuros estudios detallados que sean base 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.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Generar información que contribuya a los estudios de geomorfología para la zonificación de amenaza relativa por movimientos en masa en la plancha 301 – Planadas (Escala 1:100.000), zona Noreste del Nevado del Huila.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Definir, delimitar y caracterizar las unidades geomorfológicas mediante comprobación de campo.
- Elaborar el mapa geomorfológico a partir del análisis y discusión de las unidades geomorfológicas definidas en el proceso de oficina y campo.
- Realizar un inventario de movimientos en masa en donde se consignen las principales características de cada uno de los procesos, permitiendo estimar indicadores que complementen las condiciones de estabilidad observadas y evaluadas.
- Clasificar los principales movimientos en masa presentes en las zonas de ladera de la Plancha 301 - Planadas, asociados a la cartografía geomorfológica a escala 1:100.000., de acuerdo a la actividad del movimiento, litología y estructura, localización geográfica, morfometría, causas del movimiento, tipo de erosión e importancia.

3. LOCALIZACIÓN

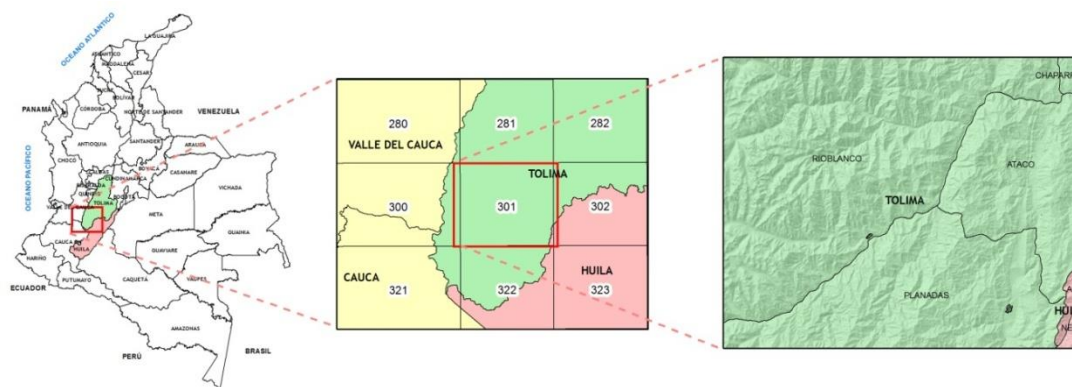
El área de estudio se encuentra comprendida por la Plancha 301 – Planadas según IGAC (Figura 1), localizada al sureste del departamento del Tolima, y al noroeste del departamento del Huila, abarcando dentro de esta los municipios de Planadas, RioBlanco, Ataco, Chaparral (Departamento del Tolima), y los municipios de Aipe y Neiva (Departamento del Huila); Santiago Pérez, corregimiento perteneciente al municipio de Planadas, y Herrera, corregimiento perteneciente al municipio de RioBlanco.

Esta plancha ubicada en el Noreste del nevado del Huila, presenta una escala 1:100.000 comprendiendo un área de 1.800 Km². Datúm Magna Sirgas origen en la zona Oeste, con las siguientes coordenadas:

N 840.000 a 880.000; E 1'120.000 a 1'170.000.

Geológicamente esta zona se caracteriza por presentar 2 regiones geológicas claramente identificables, el sector Este se encuentra constituido por rocas sedimentarias y volcánicas, definido el resto de la plancha por unidades de Rocas Cristalinas, principalmente ígneas-Plutónicas, teniendo por ultimo depósitos consolidados y no consolidados.

Figura 1. Localización área de estudio Plancha 301 – Planadas

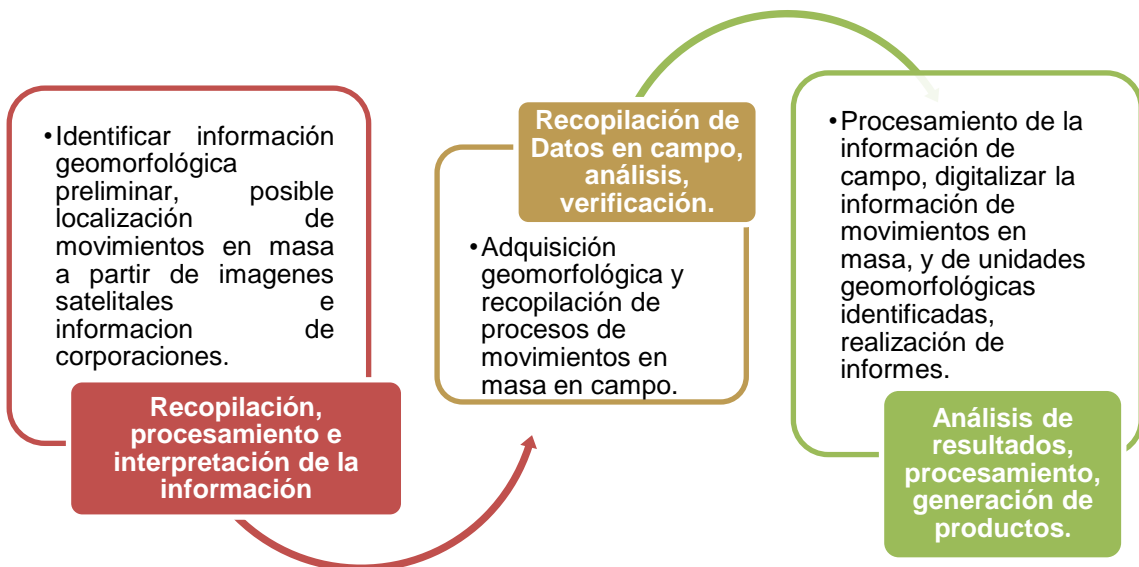


Fuente: Autor

4. METODOLOGÍA APLICADA

La Metodología propuesta para la pasantía de investigación, se basa en 3 fases principales en las que se llevaran a cabo las actividades correspondientes en cada una, teniendo en cuenta el objetivo a realizar.

Para la Variable Morfogénesis, se tendrá en cuenta la identificación de unidades geomorfológicas a partir del Glosario de unidades y subunidades Geomorfológicas del Servicio Geológico Colombiano, teniendo en cuenta esto, se genera un mapa con características detalladas de la geomorfología de la zona. La variable morfodinámica nos permite identificar zonas con procesos de movimientos en masa activos, se elabora una recopilación de información de catálogo e inventario de procesos para cada plancha, teniendo en cuenta que sean representativos a la escala del trabajo. A partir de esto, se logra determinar posibles zonas con susceptibilidad y amenaza que se identifican a partir de las variables mencionadas.



4.1 FASE 1. RECOPIACIÓN, PROCESAMIENTO E INTERPRETACIÓN DE LA INFORMACIÓN.

Se tiene en cuenta los POT y EOT de la Corporación del Tolima (CORTOLIMA), y de la Corporación Autónoma regional del Alto Magdalena (CAM), de las cuales se tuvieron en cuenta mapas geomorfológicos, y de susceptibilidad de los municipios que componen la plancha 301 - Planadas, por lo que se realizó una interpretación detallada de las posibles zonas de riesgo, juntando esto con el análisis de imágenes de Satélite (Google Earth). Junto a esto, se trabajará con sensores remotos, junto a insumos como mapa de pendientes, mapa de sombras, y mapa topográfico respectivamente, con el fin de tener una imagen de los aspectos regionales de la zona.

La base de datos SIMMA del Servicio Geológico Colombiano, es la principal fuente para la obtención de información. Los movimientos encontrados en dicha base de datos se tienen en cuenta para no ser reinventariados, puesto que, ya están registrados en dicha base. La tabla 1 muestra el registro de deslizamientos que sucedieron desde el año 1932 hasta 2012; se destaca el municipio, latitud, longitud, código de registro y sitio.

Tabla 1. Catalogo histórico reportado por el Servicio Geológico Colombiano en base de datos SIMMA.

Cod. SIMMA	Evento	Departamento	Municipio	Latitud	Longitud	Sitio
17798	06/07/1967 0:00	Tolima	PLANADAS	3,0825	-75,80166667	RIOS ATA Y CLARO
24598	06/07/1967 0:00	Tolima	PLANADAS	3,246944444	-75,75027778	RIOS ATA Y CLARO VDA. SANTIAGO PEREZ
16396	13/11/1975 0:00	Tolima	PLANADAS	3,081732526	-75,80157584	-
16392	03/05/1976 0:00	Tolima	PLANADAS	3,081732526	-75,80157584	-
12146	02/05/1981 0:00	Tolima	PLANADAS	3,09454350386*	-75,661283364*	--

11294	28/04/198 4 0:00	Tolima	PLANADAS	*	*	*
16394	28/04/198 4 0:00	Tolima	PLANADAS	3,081732526	-75,80157584	-
2555	19/11/198 8 0:00	Tolima	PLANADAS	*	*	*
16397	19/11/198 8 0:00	Tolima	PLANADAS	3,081732526	-75,80157584	-
2679	03/03/198 9 0:00	Tolima	PLANADAS	3,08196681100 *	- 75,801286088 *	--
17795	03/04/199 0 0:00	Tolima	PLANADAS	3,079166667	-75,80194444	-
24595	03/04/199 0 0:00	Tolima	PLANADAS	3,246944444	-75,75027778	-VDA. CAMBULOS
14661	16/01/199 4 0:00	Tolima	PLANADAS	3,18	-75,65	SD
14662	19/02/199 4 0:00	Tolima	PLANADAS	3,16	-75,94	SD
17791	06/03/199 4 0:00	Tolima	PLANADAS	3,096111111	-75,66277778	-VIA HUILA
24600	06/03/199 4 0:00	Tolima	PLANADAS	3,233888889	-75,72944444	VIA HUILA
16398	20/04/199 5 0:00	Tolima	PLANADAS	3,081732526	-75,80157584	-
14663	10/07/199 5 0:00	Tolima	PLANADAS	3,28	-75,77	SD
14664	18/03/199 6 0:00	Tolima	PLANADAS	3,15	-75,53	SD
4110	11/02/199 7 0:00	Tolima	PLANADAS	3,08227659061 *	- 75,802046619 *	--
1544	01/06/199 8 0:00	Tolima	PLANADAS	3,264408333	-72,80338056	Qda, La Barrilosa, Ladera Oriental
1545	01/06/199 8 0:00	Tolima	PLANADAS	3,264408333	-72,80338056	Qda, La Barrilosa, Ladera Occidental
28915	27/09/199 8 0:00	Tolima	PLANADAS	3,154722222	-75,64638889	Pie del Movimiento
14665	14/11/199 8 0:00	Tolima	PLANADAS	3,29	-75,48	SD
16395	15/01/199 9 0:00	Tolima	PLANADAS	3,081732526	-75,80157584	-
17799	01/02/200 0 0:00	Tolima	PLANADAS	3,081944444	-75,80166667	-
24599	01/02/200 0 0:00	Tolima	PLANADAS	3,246944444	-75,76694444	-
5200	19/02/200 0 0:00	Tolima	PLANADAS	3,10642002177 *	- 75,676992792 *	--

10874	19/02/200 0 0:00	Tolima	PLANADAS	3,20846768506 *	- 75,665238384 *	--
24597	19/02/200 0 0:00	Tolima	PLANADAS	3,246944444	-75,75027778	-
17797	19/02/200 0 0:00	Tolima	PLANADAS	3,081944444	-75,80166667	-
10880	19/02/200 0 0:00	Tolima	PLANADAS	3,15402809800 *	- 75,669031956 *	--
10875	19/02/200 0 0:00	Tolima	PLANADAS	3,14296081059 *	- 75,691561699 *	--
10873	19/02/200 0 0:00	Tolima	PLANADAS	3,17081151388 *	- 75,669792372 *	--
10871	19/02/200 0 0:00	Tolima	PLANADAS	3,25954937639 *	- 75,693877003 *	--
10872	19/02/200 0 0:00	Tolima	PLANADAS	3,01779930911 *	- 75,827423351 *	--
8329	11/05/200 6 0:00	Tolima	PLANADAS	3,26913507847 *	- 75,734438033 *	--
10868	11/05/200 6 0:00	Tolima	PLANADAS	3,29340208929 *	- 75,743162534 *	--
10870	11/05/200 6 0:00	Tolima	PLANADAS	3,23027405838 *	- 75,779574537 *	--
16399	11/05/200 6 0:00	Tolima	PLANADAS	3,081732526	-75,80157584	VEREDAS TORRES, CIMALTA Y LA PROFUNDA
10876	11/05/200 6 0:00	Tolima	PLANADAS	3,30905433618 *	- 75,762067793 *	--
10869	11/05/200 6 0:00	Tolima	PLANADAS	3,24936852112 *	- 75,764070584 *	--
10867	11/05/200 6 0:00	Tolima	PLANADAS	3,25984488673 *	- 75,733919232 *	--
17796	10/01/200 7 0:00	Tolima	PLANADAS	3,081944444	-75,80166667	-
24596	10/01/200 7 0:00	Tolima	PLANADAS	3,246944444	-75,75027778	-
16393	04/12/200 8 0:00	Tolima	PLANADAS	3,081732526	-75,80157584	-
28765	12/03/200 9 0:00	Tolima	PLANADAS	3,075555556	-75,66111111	Vereda Puerto Limon
1495	10/08/200 9 0:00	Tolima	PLANADAS	3,249991667	-75,75000556	SD
1496	10/08/200 9 0:00	Tolima	PLANADAS	3,249991667	-75,75000556	SD
1497	10/08/200 9 0:00	Tolima	PLANADAS	3,249991667	-75,75000556	SD

1498	11/08/2009 0:00	Tolima	PLANADAS	3,249991667	-75,75000556	SD
1499	11/08/2009 0:00	Tolima	PLANADAS	3,249991667	-75,75000556	SD
28831	27/09/2009 0:00	Tolima	PLANADAS	3,046111111	-75,72861111	Vereda La Unión
28931	27/09/2009 0:00	Tolima	PLANADAS	3,216666667	-75,62833333	Pie del Movimiento
28948	29/09/2009 0:00	Tolima	PLANADAS	3,34	-75,62111111	Corona del Movimiento
28768	12/05/2010 0:00	Tolima	PLANADAS	3,071388889	-75,65944444	Vereda Puerto Limón
28996	02/06/2010 0:00	Tolima	PLANADAS	3,329722222	-75,66083333	Cuerpo del Movimiento
28935	27/09/2010 0:00	Tolima	PLANADAS	3,220833333	-75,64027778	Pie del Movimiento
28938	28/09/2010 0:00	Tolima	PLANADAS	3,250277778	-75,61222222	Cuerpo del Movimiento
28950	30/09/2010 0:00	Tolima	PLANADAS	3,2375	-75,66083333	Cuerpo del Movimiento
28956	30/09/2010 0:00	Tolima	PLANADAS	3,251111111	-75,66361111	Pie del Movimiento
28987	02/10/2010 0:00	Tolima	PLANADAS	3,283611111	-75,69027778	Cuerpo del Movimiento
29095	13/10/2010 0:00	Tolima	PLANADAS	3,456944444	-75,57555556	Pie del Movimiento
28933	27/09/2011 0:00	Tolima	PLANADAS	3,196666667	-75,60666667	Cuerpo del Movimiento
28944	28/09/2011 0:00	Tolima	PLANADAS	3,269722222	-75,61305556	Cuerpo del Movimiento
28946	28/09/2011 0:00	Tolima	PLANADAS	3,375833333	-75,60722222	Pie del Movimiento
28986	30/09/2011 0:00	Tolima	PLANADAS	3,269166667	-75,67638889	Cuerpo del Movimiento
29097	14/10/2011 0:00	Tolima	PLANADAS	3,18	-75,605	Cuerpo del Movimiento
17792	15/11/2011 0:00	Tolima	PLANADAS	3,1225	-75,6575	VIA GAITANIA
17793	15/11/2011 0:00	Tolima	PLANADAS	3,296111111	-75,70972222	QDAS. AURA Y BOLIVIA
17794	15/11/2011 0:00	Tolima	PLANADAS	3,079166667	-75,80166667	-
24594	27/01/2012 0:00	Tolima	PLANADAS	3,246944444	-75,75027778	.VDAS CAMBULOS, BELLAVISTA, ESTRELLAS Y EL CAR
024601	27/01/2012 0:00	Tolima	PLANADAS	3,247777778	-75,74861111	VIA GAITANIA

24602	27/01/2012 0:00	Tolima	PLANADAS	3,246944444	-75,75027778	QDAS. AURA Y BOLIVIA
28749	12/11/2012 0:00	Tolima	PLANADAS	3,078611111	-75,6425	Vereda Puerto Limón
29006	03/12/2012 0:00	Tolima	PLANADAS	3,266111111	-75,7375	Pie del Movimiento

Fuente: Tomado de Servicio Geológico Colombiano, modificado por autor.

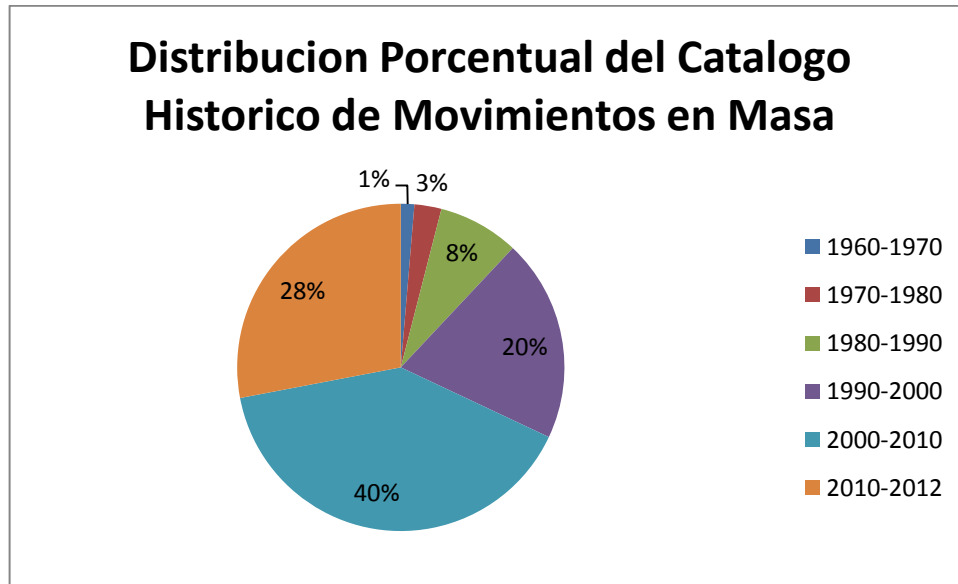
Registrados en la base de datos se encontraron 75 procesos, iniciando los reportes de eventos desde 1967, por lo cual se tomó un periodo de 10 años y se estableció un indicador estadístico para tener una imagen regional de los movimientos en masa a través del tiempo.

Tabla 2. Relación del tiempo con eventos y porcentaje.

Década	Cantidad de Eventos	Porcentaje
1960-1970	1	1,33
1970-1980	2	2,67
1980-1990	6	8
1990-2000	15	20
2000-2010	30	40
2010-2012	21	28
	75	100

Fuente: Autor

Figura 2. Distribución Porcentual del Catalogo Histórico de Movimientos en Masa.



Fuente: Autor

En esta fase se hace compilación, análisis y procesamiento temático del área de estudio, interpretación de fotos aéreas con el control de la interpretación con mapas imagen Landsat –TM y SPOT pancromático del área comprendida por la Plancha 301-Planadas. También, imágenes del Modelo Digital de Sombras, Mapa de sombras, Mapa Geológico, Mapa Topográfico e imágenes satelitales de Google Earth para mayor calidad de la interpretación cartográfica.

Así mismo, para la variable morfodinámica se obtuvo información de formas del terreno y morfodinámica secundaria en Planes de ordenamiento territorial, INVIAS, Policía Nacional, Corporación Autónoma del Magdalena (CAM), Corporación del Tolima (CORTOLIMA), publicaciones, bases de datos, memorias geológicas y noticias; se encuentra información de algunos sitios geográficos con problemas de movimientos en masa no caracterizados, aunque los informes indican que para la zona de estudio presenta una problemática crítica por inundación y en cuanto a la geomorfología, se presentó escasa información en cuanto a esta variable.

4.2 FASE 2. RECOPIACIÓN DE DATOS EN CAMPO, ANÁLISIS, VERIFICACIÓN.

Se realizó un recorrido estratégico por vías principales y secundarias (Trochas y senderos) en busca de puntos topográficos altos en la Plancha 301 - Planadas, para la toma de datos y el control de las unidades geomorfológicas en campo se tiene como base la información compilada y analizada en la Fase I y con el objetivo de inventariar movimientos en masa activos en la zona de estudio. Esta información se captura en el Formato modificado para inventario de movimientos en masa SGC 2013 (ver figura 3 y 4), los movimientos registrados con dimensiones que superan los 300x300 m son cartografiados como Cono de deslizamiento indiferenciado (Ddi) en morfogénesis.

Figura 4. Formato Modificado para inventario de Movimientos en Masa Vs 2012 SGC (2013). Imagen posterior

EFECTOS SECUNDARIOS																			
TIPO (Costa & Schuster, 1988)		MORFOMETRIA DE LA PRESA				REPRESAMIENTO MORFOMETRIA DEL EMBALSE			CONDICIONES DE LA PRESA			OTROS EFECTOS							
I	<input type="checkbox"/>	IV	<input type="checkbox"/>	Longitud (m)	_____	Volumen (m ³)	_____	Longitud (m)	<input type="checkbox"/>	Area cuenca (m ²)	<input type="checkbox"/>	Obstrucción parcial	<input type="checkbox"/>	Moderadamente socavada	<input type="checkbox"/>	Tsunami (alt. ola)	<input type="checkbox"/>	Inundación	<input type="checkbox"/>
II	<input type="checkbox"/>	V	<input type="checkbox"/>	Altura (m)	_____	Talud arriba (°)	_____	Area (m ²)	<input type="checkbox"/>	Caudal entrada	<input type="checkbox"/>	Erosión de la pata	<input type="checkbox"/>	Fuertemente socavada	<input type="checkbox"/>	Empalizada	<input type="checkbox"/>		
III	<input type="checkbox"/>	VI	<input type="checkbox"/>	Ancho (m)	_____	Talud abajo (°)	_____	Volumen (m ³)	<input type="checkbox"/>	Caudal salida	<input type="checkbox"/>	Estabilización artificial	<input type="checkbox"/>	Parcialmente fallada	<input type="checkbox"/>	Sedimentación	<input type="checkbox"/>		
								Nivel agua bajo corona (m)	<input type="checkbox"/>	Tasa de llenado	<input type="checkbox"/>	Ligeramente socavada	<input type="checkbox"/>	Fallada	<input type="checkbox"/>				

DANOS								
POBLACION AFECTADA								
Heridos _____								
Vidas _____								
Desaparecidos _____								
Personas _____								
Familias _____								
TIPO DE DAÑO: Infraestructura: edificios, carreteras, inst. educativa, puentes, servicios publicos, vía ferrea, torre conducción eléctrica, obras lineales, planta eléctrica, torre de energia, capa asfaltica, galpones, tanque almacenamiento, espolones, distrito riego, puentes peatonales, puentes veredales, acueducto. Económicos: agricultura, ganadería, cultivos, semovientes, transporte pasajeros y carga. Ambientales: parques, bosques, planta tratamiento de agua.								
TIPO	CANTIDAD	UNIDAD	TIPO DAÑO			VALOR (US\$)		
II E A	_____	_____	DL	DM	DS	DT	NC	_____
II E A	_____	_____	DL	DM	DS	DT	NC	_____
II E A	_____	_____	DL	DM	DS	DT	NC	_____
II E A	_____	_____	DL	DM	DS	DT	NC	_____
II E A	_____	_____	DL	DM	DS	DT	NC	_____

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

NOTAS		APRECIACIÓN DEL RIESGO		ANEXO FOTOGRAFICO			
				FECHA	FOTOGRAFIA	AUTOR/DERECHOS	OBSERVACIONES

ESQUEMA DEL MOVIMIENTO	
PLANTA	PERFIL
FECHA	OBSERVACIONES

LOS CAMPOS MARCADOS CON ASTERISCO (*) SON OBLIGATORIOS

Fuente: SGC, 2012.

Así mismo, la variable morfogénesis, la verificación, definición y delimitación de unidades geomorfológicas en la plancha 301-Planadas y la incorporación de unidades que no se lograron definir por imágenes en la fase I; se tiene en cuenta la escala y rasgos del terreno que presenten predisposición a tener movimientos en masa. Del mismo modo, buscar sitios elevados para obtener panorámicas. Para la captura de datos se usó la Tabla de Recolección de Datos de Morfometría para cartografía geomorfológica UIS 2013. (Figura 5).

4.3 FASE III: REVISIÓN E INFORME FINAL

Para esta etapa se hace un análisis y discusión de la reinterpretación hecha con los datos de campo y de imágenes satelitales, elaborando el Mapa Geomorfológico final de la Plancha 301-Planadas digitalizado en Arc-GIS 10.0. A partir del proceso seguido en todas las etapas del proceso de elaboración del mapa se elabora este documento, que contiene características generales del área de estudio como geológica, estratigráfica, estructural, climatológicas, características de suelos y la descripción de las geoformas identificadas.

Para la clasificación de los aspectos geomorfológicos y morfodinámicos así como para la representación cartográfica de los mapas geomorfológicos principalmente en cuanto a símbolos, convenciones y colores se utilizaron las pautas de uso internacional basadas en la metodología del Sistema para el Levantamiento Geomorfológico del ITC (International Institute for Aerospace Survey and EarthSciences, The Netherlands; Verstappen, H.Th., van Zuidam, R.A., 1991, The ITC system of geomorphologic survey: a basis for the evaluation of natural resources and hazards: ITC Publication, 10, 89 p. En cuanto a las características de las unidades se usó el Glosario de Unidades y Subunidades Geomorfológicas Versión 2 SGC (2013).

El análisis geomorfológico se hace partiendo desde observaciones regionales hasta llegar a observaciones locales (Carvajal 2008 en SGC 2012), es decir, mediante jerarquización geomorfológica adoptada por INGEOMINAS (2002) con base en la propuesta hecha por Velásquez (1999), ajustada por Carvajal (2002), Carvajal (2003), Carvajal et al. (2003), Carvajal (2005) y Carvajal (2012). Para esta escala se caracterizan unidades geomorfológicas.

Al finalizar la recolección de los datos de campo, se llevó a cabo la digitalización de los formatos en la base de datos del SIMMA en la web oficial del Servicio Geológico Colombiano (SGC). Siguiendo esto se utilizaron técnicas estadísticas para lograr un entendimiento claro de la densidad de información y realizar la identificación de zonas de riesgo en la Plancha 301 - Planadas.

5. MARCO TEORICO

La Geomorfología se encarga del estudio de la forma del relieve terrestre, y se relaciona con los diferentes procesos geológicos que modelan la superficie, teniendo en cuenta procesos exógenos y endógenos que dan lugar a diferentes geoformas que se pueden caracterizar, a partir de ambientes morfogenéticos, geología estructural y litologías claramente identificables. La geomorfología aplicada es una herramienta estratégica para la evaluación y proyección del comportamiento del terreno ya que está enfocada hacia la clasificación del relieve para lograr la agrupación de los materiales naturales (rocas y suelos). Para el área de estudio se identificaron unidades morfogenéticas denudacionales, fluviales, glaciales, y estructurales, a partir de formas del terreno resultado de eventos sucesivos en el tiempo; también causas y procesos que dieron origen al paisaje.

Los movimientos en masa son parte de los procesos denudativos que modelan el relieve de la tierra. Su origen obedece a una gran diversidad de procesos geológicos, hidrometeorológicos, químicos y mecánicos que se dan en la corteza terrestre y en la interface entre esta, la hidrósfera y la atmósfera. Así, si por una parte el levantamiento tectónico forma montañas, por otra la meteorización, las lluvias, los sismos y otros eventos (incluyendo la acción del hombre) actúan sobre las laderas para desestabilizarlas y cambiar el relieve a una condición más plana. Esto implica que la posibilidad de ocurrencia de un movimiento en masa comienza desde el mismo momento en que se forma una ladera natural o se construye un talud artificial y que el análisis de tal posibilidad involucra distintas disciplinas de las ciencias de la tierra y del medio ambiente, así como de las ciencias naturales. El término movimientos en masa incluye todos aquellos movimientos ladera abajo de una masa de roca, de detritos o de tierras por efectos de la gravedad (Cruden, 1991).

Algunos movimientos en masa, como la reptación de suelos, son lentos, a veces imperceptibles y difusos, en tanto que otros, como algunos deslizamientos pueden desarrollar velocidades altas y pueden definirse con límites claros, determinados por superficies de rotura (Crozier, 1999a, en Glade y Crozier, 2005). La morfogenésis implica la definición del origen de las formas del terreno, es decir, las causas y procesos que dieron la forma al paisaje. El origen del paisaje depende de los procesos endogenéticos y la modificación de los agentes exogenéticos (agua, viento, hielo), que actúan sobre la superficie terrestre en diferentes proporciones e intensidades, y durante intervalos de tiempos geológicos, modelando el terreno.

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

La amenaza relativa hace referencia a una expresión cualitativa de la amenaza. Hartlen y Viberg (1988) la definen como la probabilidad de que ocurran deslizamientos en diferentes áreas sin dar valores exactos.

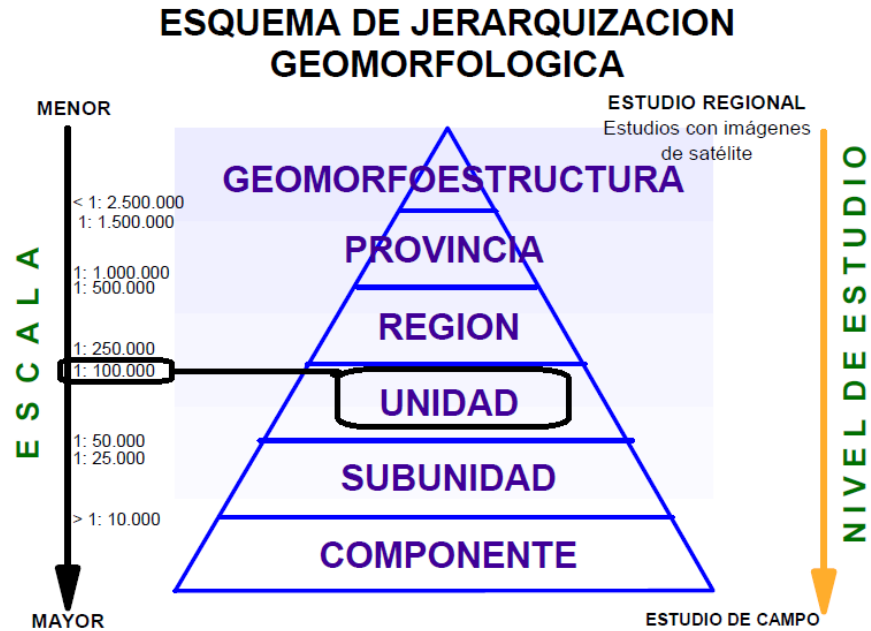
Para llevar a cabo la cartografía geomorfológica se siguieron determinados parámetros para la obtención de información que conllevaron a la generación del mapa geomorfológico a escala 1:100.000. Para tal fin, en el presente informe se siguieron los lineamientos presentes en: “Documento metodológico de la zonificación de susceptibilidad y amenaza relativa por movimientos en masa, escala 1:100000. Versión 2” y “Propuesta metodológica sistemática para la generación de mapas geomorfológicos analíticos aplicados a la zonificación de amenaza, escala 1:100.000”, documentos de referencia provistos por el Servicio Geológico Colombiano (SGC) del año 2013 y 2012 respectivamente.

5.1 MORFOGÉNESIS

Implica la definición del origen de las formas del terreno, es decir, las causas y procesos que dieron la forma al paisaje. El origen del paisaje depende de los procesos endogenéticos y la modificación de los agentes exogenéticos (agua, viento, hielo), que actúan sobre la superficie terrestre en diferentes proporciones e intensidades, y durante intervalos de tiempos geológicos, modelando el terreno. La información morfogenética es representada en forma de unidades geomorfológicas si los procesos concernientes son de tamaño cartografiable a una escala de mapeo dado, y mediante símbolos lineales si las formas son demasiado pequeñas o no son consideradas lo suficientemente importantes para ser una unidad (de mapeo) geomorfológica.

5.1.1 Unidades geomorfológicas (Escala 1:50.000 a 1:100.000). Definidas como una geoforma individual genéticamente homogénea, generada por un proceso geomórfico construccional o destruccional de un ambiente geomorfológico particular. Corresponde a los elementos básicos que componen un paisaje o modelo geomorfológico, los cuales están definidos con criterios genéticos, morfológicos y geométricos en función de la escala el proceso natural que lo conformo. (Leiva et al, 2012).

Figura 6. Esquema modificado de jerarquización geomorfológica



El análisis se fundamenta básicamente en la génesis geológica de las geoformas individuales genéticamente homogéneas y ambiente morfodinámico dominante formadas en un ambiente geomorfológico particular.

- **Ambiente denudacional:** determinado por la actividad de procesos de meteorización, y predominantemente de procesos erosivos hídricos y de fenómenos de transposición o de remoción en masa actuantes sobre geoformas pre-existentes.
- **Ambiente fluvial:** corresponde a las geoformas generadas por los procesos relacionados con la actividad fluvial. (SGC 2012)
- **Ambiente Glacial:** Ambiente glaciar: definido por las geoformas originadas por la acción glacial, tanto de los casquetes polares, como en

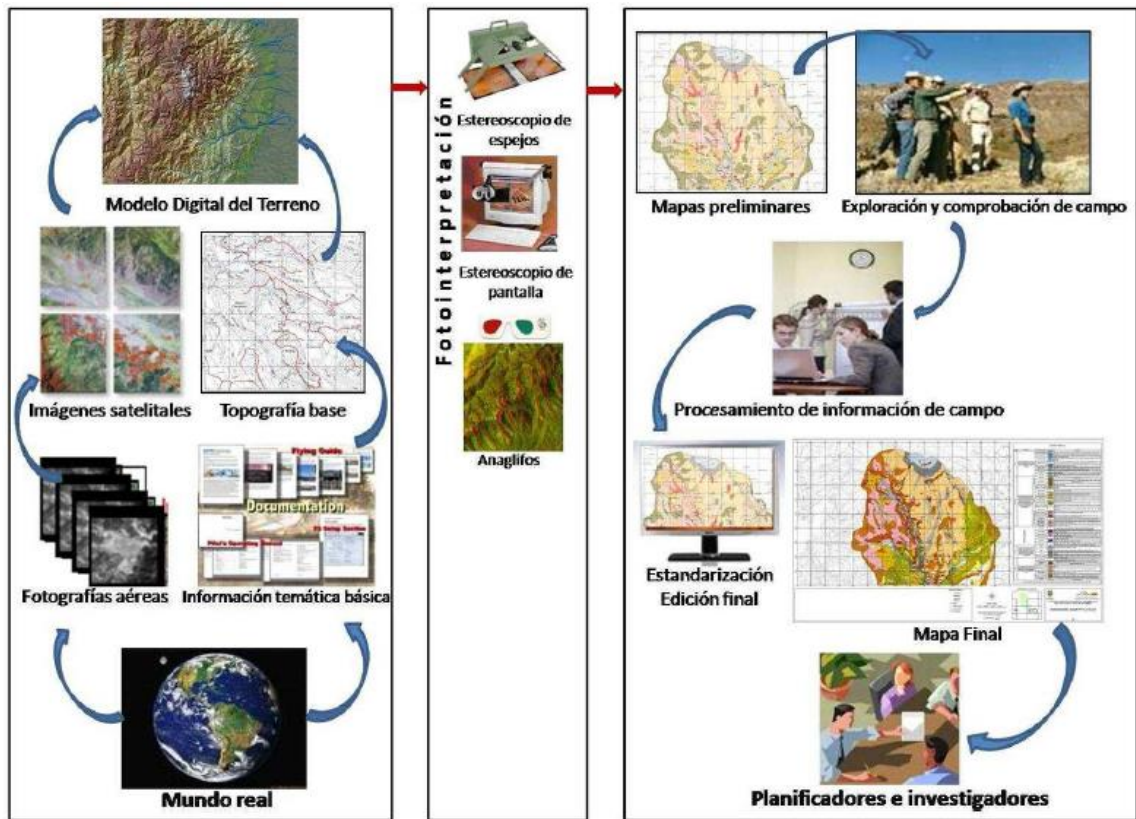
altas montañas. Color de la simbología para la cartografía de este tipo de ambiente natural es el gris.

- **Ambiente morfoestructural:** corresponde a las geoformas generadas por la dinámica interna de la tierra, especialmente las asociadas a plegamientos y fallamientos. Incluye el ambiente neotectónico (Geoformas originadas por la actividad tectónica activa y que se ha prolongado durante el Cuaternario).

En la elaboración del mapa geomorfológico de escala 1:100.000 se caracterizan las unidades geomorfológicas a partir de atributos Morfológicos y Morfométricos observados en campo y mediante imágenes satelitales que se describen en el documento metodológico es decir, sus parámetros principales descritos en la estandarización de los elementos componentes del terreno (Carvajal 2008 –Padilla y otros 2001 en MPA de SGC 2012)

Utilizando estos insumos se buscan áreas con más susceptibilidad a inestabilidad del terreno, esta información es procesada y se obtienen modelos digitales del terreno, este proceso se resumen en la Figura 7.

Figura 7. Esquema de proceso metodológico para la elaboración de un Mapa Geomorfológico.



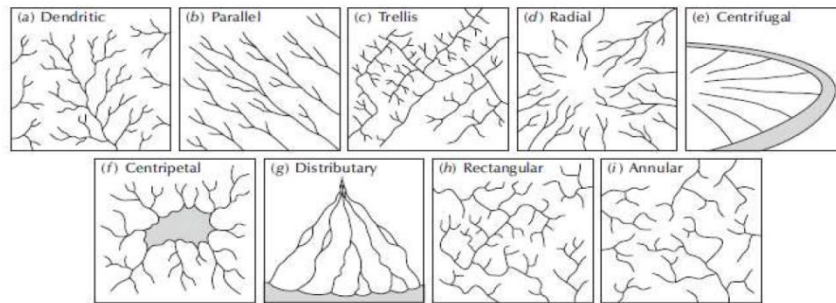
Fuente: Mendivelso 2009 en SGC Leiva, O. Y. 2012

Los ambientes geomorfológicos se valoran a través de atributos cuantificables en cuanto a la susceptibilidad y predisposición a generar movimientos en masa. Esto permite disminuir la subjetividad de las conclusiones. En este documento no se va a calificar, simplemente, se va a definir cualitativamente.

A continuación se describen algunos conceptos necesarios para la recolección de datos para cartografía geomorfológica contenidos en el formato y definidos en SGC (Leiva, O. Y. et al 2012) y sintetizada en la Tabla de Recolección de Datos de Morfometría para Cartografía Geomorfológica UIS (2013).

- **Contraste de relieve o relieve relativo: [índice de relieve]:** Hace referencia a la diferencia de altitud de la geoforma entre la parte más alta y más baja de ésta, independiente de la altura absoluta o el nivel del mar. Es un atributo que indica la energía potencial de un sistema de drenaje y los materiales constitutivos de la geoforma.
- **Inclinación de la ladera:** Es el ángulo que forma una ladera o terreno respecto a un plano horizontal. La inclinación de la ladera está relacionada con el tipo de material que conforma la unidad morfológica y con la susceptibilidad de dicha unidad a la formación de movimientos en masa
- **Longitud de la ladera:** es un indicador de la homogeneidad del material constitutivo de las geoformas; puede determinar una mayor superficie para el desarrollo de los procesos morfodinámicos
- **Forma de la ladera:** Refleja la homogeneidad en la resistencia de los materiales, y la presencia control de estructuras geológicas. También condiciona los tipos de movimientos en masa que pueden desarrollarse en una ladera. Es común relacionar movimientos rotacionales a pendientes cóncavas y convexas y movimientos planares a pendientes rectas controladas estructuralmente o movimientos complejos a pendientes irregulares.
- **Patrón de drenaje:** Es la distribución de todos los canales de drenajes superficiales en un área que esté ocupada o no por aguas permanentes. El patrón de drenaje está controlado por la inclinación del terreno, tipo y estructura geológica de la roca subyacente, densidad de vegetación y las condiciones climáticas (Figura 8).

Figura 8. Patrón de drenaje controlado por estructura o pendiente (Huggett, 2007 en SGC 2012)



Fuente: Autor

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

Tabla 3. Forma de creta y valles (Tomada de SGC 2012)

Forma de Cresta	Forma de Valle
Aguda	Artesa
Redondeada	Forma de V
Convexa amplia	Forma de U
Convexa Plana	
Plana	
Plana disectada	

Fuente: Leiva et al, 2012.



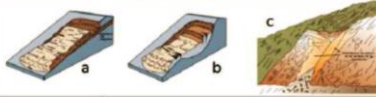

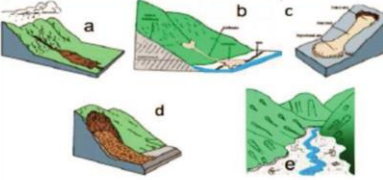

- **Morfoestructura y Litología:** indica el modelaje del relieve, según composición, disposición y dinámica interna de la tierra. La morfoestructura incide en el modelaje del paisaje según: Condición pasiva que analiza las formas resultantes de los procesos o deformaciones tectónicas (activas o inactivas) expresadas en el relieve de la superficie terrestre, con dimensiones y configuraciones variables; y la condición activa que corresponde a los procesos morfogenéticos endógenos asociados tanto a la deformación y al fracturamiento tectónica.

5.2 MORFODINÁMICA

La morfodinámica es la parte de la geomorfología que trata de los procesos geodinámicos externos (principalmente denudativos), tanto antiguos como recientes que han modelado y continúan modelando el relieve y son los responsables del estado actual de las geoformas o Unidades de terreno (Leiva et al, 2012).

La caracterización morfodinámica permite la identificar y definir la evolución de los procesos denudativos (erosión y movimientos en masa), que han ocurrido en un área determinada y permiten dilucidar el futuro, particularmente en términos de estabilidad de un terreno. En el proceso de caracterización de los movimientos en masa en la zona de estudio, se plantea el empleo de la clasificación de los movimientos en masa del PMA-GEMMA en el 2007, ver Tabla 4. En ella se destacan los principales los movimientos de tipo caídas, volcamiento, deslizamiento de roca o suelo, propagación lateral, flujo y reptación.

Tabla 4. Tipos de 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: Tomado y modificado de PMA-GEMMA (2007), en Leiva et al, 2012.

La geomecánica de los deslizamientos, teniendo en cuenta el tipo de movimiento, es uno de los principales aspectos a tener en cuenta en el momento de realizar la Clasificación. Para esto se tomó en cuenta el criterio de clasificación propuesto por Cruden y Varnes (1996), el cual plantea que un movimiento en masa se puede caracterizar de acuerdo a su cinemática. Los tipos de movimientos que se pueden presentar en un deslizamiento son: caída (fall) ver figura 9, volcamiento (topple) como se observa en la figura 10, deslizamiento (slide), identificables de forma rotacional (ver figura 11) y de forma Traslacional (ver figura 12), flujo (flow) como se observa en la figura 13, (Cruden y Varnes 1996), y otros como Propagación Lateral, Reptación y Deformación gravitacional profundas.

Estos tipos de movimiento no necesariamente ocurren en forma independiente ya que en muchos eventos pueden encontrarse dos o más diferentes tipos ocurriendo sucesiva o simultáneamente.

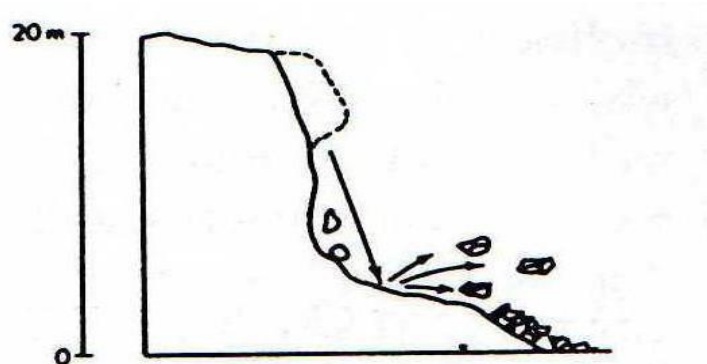
5.2.1 Caída. La caída es un tipo de movimiento en masa en el cual uno o varios bloques de suelo o roca se desprenden de una ladera, sin que a lo largo de esta superficie ocurra desplazamiento cortante apreciable. Una vez desprendido, el material cae desplazándose principalmente por el aire pudiendo efectuar golpes, rebotes y rodamiento (Varnes, 1978). Dependiendo del material desprendido se habla de una caída de roca, o una caída de suelo. El movimiento es muy rápido a extremadamente rápido (Cruden y Varnes, 1996), es decir con velocidades mayores a 5×10^1 mm/s.

El estudio de casos históricos ha mostrado que las velocidades alcanzadas por las caídas de rocas pueden exceder los 100 m/s.

Una característica importante de las caídas es que el movimiento no es masivo ni del tipo flujo. Existe interacción mecánica entre fragmentos individuales y su trayectoria, pero no entre los fragmentos en movimiento.

Los acantilados de roca son usualmente la fuente de caídas de roca, sin embargo también puede presentarse el desprendimiento de bloques de laderas en suelo de pendiente alta.

Figura 9. Esquema Ilustrativo de caída de roca.



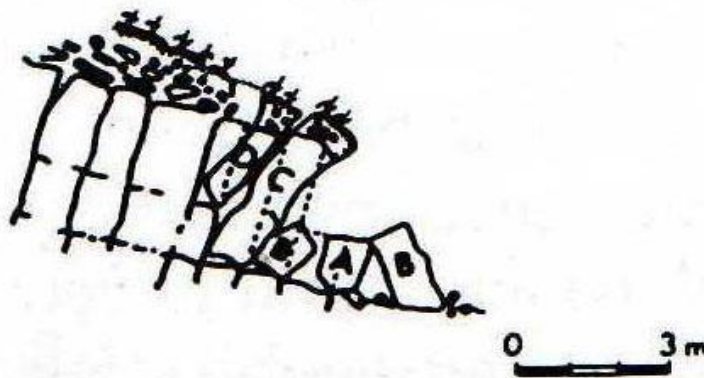
Fuente: Tomado y modificado de Cruden y Varnes. 1996.

5.2.2 Volcamiento. Se denomina así a un tipo de movimiento en masa en el cual hay una rotación generalmente hacia adelante de uno o varios bloques de roca o suelo, alrededor de un punto o pivote de giro en su parte inferior. Este movimiento ocurre por acción de la gravedad, por empujes de las unidades adyacentes o por la presión de fluidos en grietas (Varnes, 1978).

El volcamiento puede ser en bloque, flexional (o flexural) y flexional del macizo rocoso como se describe a continuación. Goodman y Bray (1976) diferencian el vuelco de bloques del vuelco flexural. El primero involucra roca relativamente competente, donde el fallamiento ocurre por pérdida de estabilidad y rotación de uno o varios bloques a partir de un punto en su base, semejante al vuelco de libros en un estante (Figura 10).

El volcamiento de bloques es controlado por una orientación específica de discontinuidades y generalmente está asociado a velocidades altas. El vuelco flexural, en cambio, involucra roca más frágil y densamente diaclasada; el fallamiento ocurre por el doblamiento de columnas de rocas delgadas. Los movimientos en este caso pueden ser lentos y graduales.

Figura 10. Esquema Ilustrativo de Volcamiento de roca. Tomado de Cruden y Varnes. 1996.



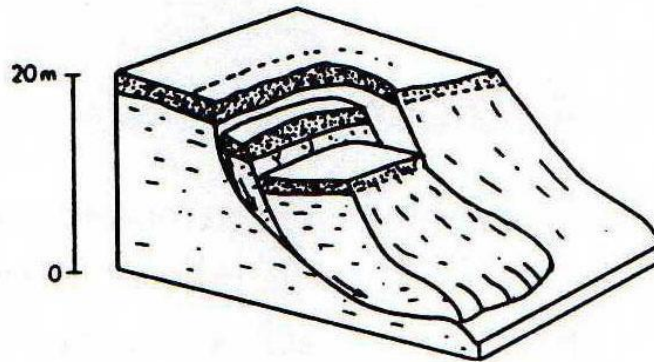
Fuente: Tomado y modificado de Cruden y Varnes. 1996.

5.2.3 Deslizamiento. Es un movimiento ladera abajo de una masa de suelo o roca cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de falla, o de una delgada zona en donde ocurre una gran deformación cortante. En el sistema de Varnes (1978), se clasifican los deslizamientos, según la forma de la superficie de falla por la cual se desplaza el material, en traslacionales y rotacionales. Los deslizamientos traslacionales a su vez pueden ser planares o en cuña. Sin embargo, las superficies de rotura de movimientos en masa son generalmente más complejas que las de los dos tipos anteriores, pues pueden consistir de varios segmentos planares y curvos, caso en el cual se hablará de deslizamientos compuestos (Hutchinson, 1988)

5.2.3.1 Deslizamiento Rotacional. Es un tipo de deslizamiento en el cual la masa se mueve a lo largo de una superficie de falla curva y cóncava. Los movimientos en masa rotacionales muestran una morfología distintiva caracterizada por un escarpe principal pronunciado y una contrapendiente de la superficie de la cabeza del deslizamiento hacia el escarpe principal. La deformación interna de la masa desplazada es usualmente muy poca.

Debido a que el mecanismo rotacional es auto-estabilizante, y éste ocurre en rocas poco competentes, la tasa de movimiento es con frecuencia baja, excepto en presencia de materiales altamente frágiles como las arcillas sensitivas (PMA-GEMMA, 2007).

Figura 11. Esquema Ilustrativo de Deslizamiento Rotacional.

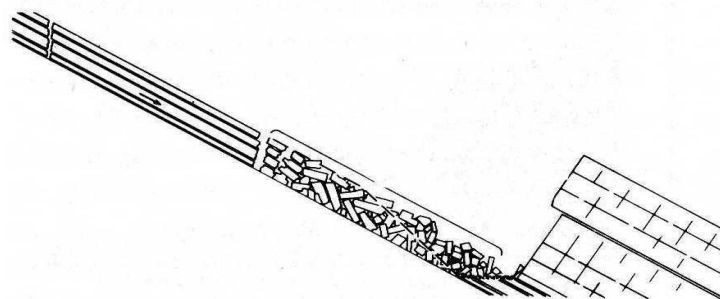


Fuente: Tomado y modificado de Cruden y Varnes. 1996.

5.2.3.2 Deslizamiento Traslacional. Es un tipo de deslizamiento en el cual la masa se mueve a lo largo de una superficie de falla plana u ondulada. En general, estos movimientos suelen ser más superficiales que los rotacionales y el desplazamiento ocurre con frecuencia a lo largo de discontinuidades como fallas, diaclasas, planos de estratificación o planos de contacto entre la roca y el suelo residual o transportado que yace sobre ella (Cruden y Varnes, 1996).

En un macizo rocoso, este mecanismo de falla ocurre cuando una discontinuidad geológica tiene una dirección aproximadamente paralela a la de la cara del talud y buza hacia ésta con un ángulo mayor que el ángulo de fricción (Hoek y Bray, 1981) en PMA-GEMMA, 2007.

Figura 12. Esquema Ilustrativo de Deslizamiento Traslacional

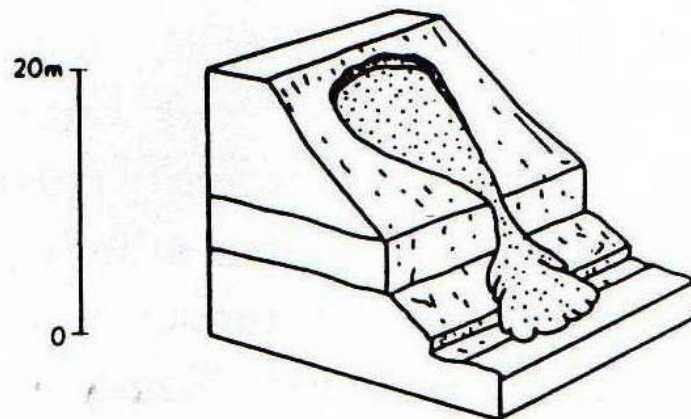


Fuente: Tomado y modificado de Cruden y Varnes. 1996.

5.2.4 Flujo. Es un tipo de movimiento en masa que durante su desplazamiento exhibe un comportamiento semejante al de un fluido; puede ser rápido o lento, saturado o seco.

En muchos casos se originan a partir de otro tipo de movimiento, ya sea un deslizamiento o una caída (Varnes, 1978). Hungr et al. (2001), clasifican los flujos de acuerdo con el tipo y propiedades del material involucrado, la humedad, la velocidad, el confinamiento lateral y otras características que los hacen distinguibles; así mismo, aportan definiciones que enfatizan aspectos de uso práctico útiles para el estudio de amenazas.

Figura 13. Esquema Ilustrativo de Deslizamiento Traslacional



Fuente: Tomado de Cruden y Varnes. 1996.

- **Reptación**

La reptación se refiere a aquellos movimientos lentos del terreno en donde no se distingue una superficie de falla. La reptación puede ser de tipo estacional, cuando se asocia a cambios climáticos o de humedad del terreno, y verdadera cuando hay un desplazamiento relativamente continuo en el tiempo.

Dentro de este movimiento se incluyen la soliflucción y la geliflucción, este último término reservado para ambientes periglaciales. Ambos procesos son causados por cambios de volumen de carácter estacional en capas superficiales del orden de 1 a 2 metros de profundidad, combinados con el movimiento lento del material ladera abajo.

6. CARACTERISTICAS GENERALES

La zona en estudio se encuentra ubicada en toda la separación de los departamentos del Tolima y Huila, exactamente hacia el margen derecho del Nevado del Huila, teniendo la sectorización de una parte del Parque Nacional Nevado del Huila, y una parte del Páramo de las Hermosas, una de los nacimientos de agua más importantes del país, donde se tiene una gran diversidad de especies animales característicos de este ecosistema de paramo, el cual se encarga de suministrar de agua los municipios de Planadas y Rio Blanco respectivamente.

Zona que se ha mantenido protegida debido a los efectos climáticos que puedan deteriorar este patrimonio ambiental del Sur del País. Lo que hace atractivo y de gran importancia esta zona son la presencia de ambientes glaciales claramente identificados hacia el Este de la plancha, con una serie de Circos Glaciares importantes rodeando valles característicos y formando Lagunas Glaciares, pasando por ambientes.

Denudacionales principalmente con geoformas de tipo Sierra, colinados y algunos lomeríos, hasta tener ambientes fluviales, con planicies definidas hasta terrazas erosivas, teniendo en cuenta ambientes estructurales característicos definidos teniendo en cuenta las estructuras regionales correspondientes, hasta llegar a un nivel más detallado en cuanto a la disposición de estratos o afectación de fallamientos principales sobre estas unidades, lo que nos hace diferenciar de tener una gran variedad de ambientes en cuanto a la geomorfología principal de este sector.

6.1 CARACTERISTICAS CLIMATOLÓGICAS GENERALES DE LA ZONA DE ESTUDIO

La Temperatura promedio para el Municipio según la serie en análisis es 20.7°C, sin embargo tomando como elemento de cálculo el gradiente altitudinal esta puede estar en 20.5 °C, valor este que bien puede asimilarse como promedio mensual para el Municipio.

Teniendo en cuenta la posición geográfica del Municipio, los regímenes de pluviosidad y la influencia de los vientos alisios, la temperatura media mensual puede variar entre 18.5 °C y 20.5 °C, para los espacios comprendidos dentro del denominado cinturón cafetero (1300-1700msnm).

Registrándose el valor máximo en Septiembre y Mínimo en Agosto. Además para efectos del presente Estudio y al elaborar las isotermas se observa que el Municipio presenta fluctuaciones en la temperatura que varían entre los 5 °C en la zona de parques Naturales (4.600 m.s.n.m.) y 23 °C en la zona del municipio que limita con Ataco. Los meses que presentan las temperaturas más altas de Enero, Febrero, Junio, Julio que corresponden con periodos de menor precipitación. En el municipio se presentan, de manera general, tres tipos de fenómenos, atmosféricos, según la escala de afectación o influencia sobre las zonas que originan o son causantes de las variaciones de la precipitación en las diferentes zonas. El global o macroclimático, el regional y el local o microclimático.

El primer fenómeno se origina en la circulación general de la atmósfera el cual está determinado por la (CIT). En el mes de enero la CIT se halla en su posición más meridional o sur; en el mes de abril avanza hacia el norte alcanzando a finales de marzo latitudes entre los 3° y 4° norte, incidiendo sobre el municipio.

Posteriormente a mediados del año en los meses de julio y agosto se encuentra en el norte del país, avanzando de nuevo al sur a partir de esta fecha,

manifestándose de nuevo durante el mes de noviembre. Así su desplazamiento origina que en la mayor parte de Colombia, incluido el área municipal, se presenten de manera general, periodos de máximas y mínimas precipitaciones que coinciden con el avance de la CIT.

Un segundo fenómeno de tipo regional obedece al sistema de circulación de vientos regionales en conjugación con factores del relieve montañoso. Se establece un movimiento de aire de la parte baja a la montaña; en las zonas de ascenso, el enfriamiento provoca la condensación de agua y la aparición de la nubosidad local; este comportamiento regional explica el porqué, por regla general, los flancos cordilleranos internos o los valles interiores de la cordillera presenten una condición de humedad con tendencia seca. El tercer fenómeno, de origen local, es originado por las pendientes, la disposición particular de los valles y las vertientes y la circulación de los vientos secantes locales. El fenómeno es también el causante del efecto abrigo que producen algunas de las laderas y escarpes.

6.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS SUELOS DE LA ZONA DE ESTUDIO

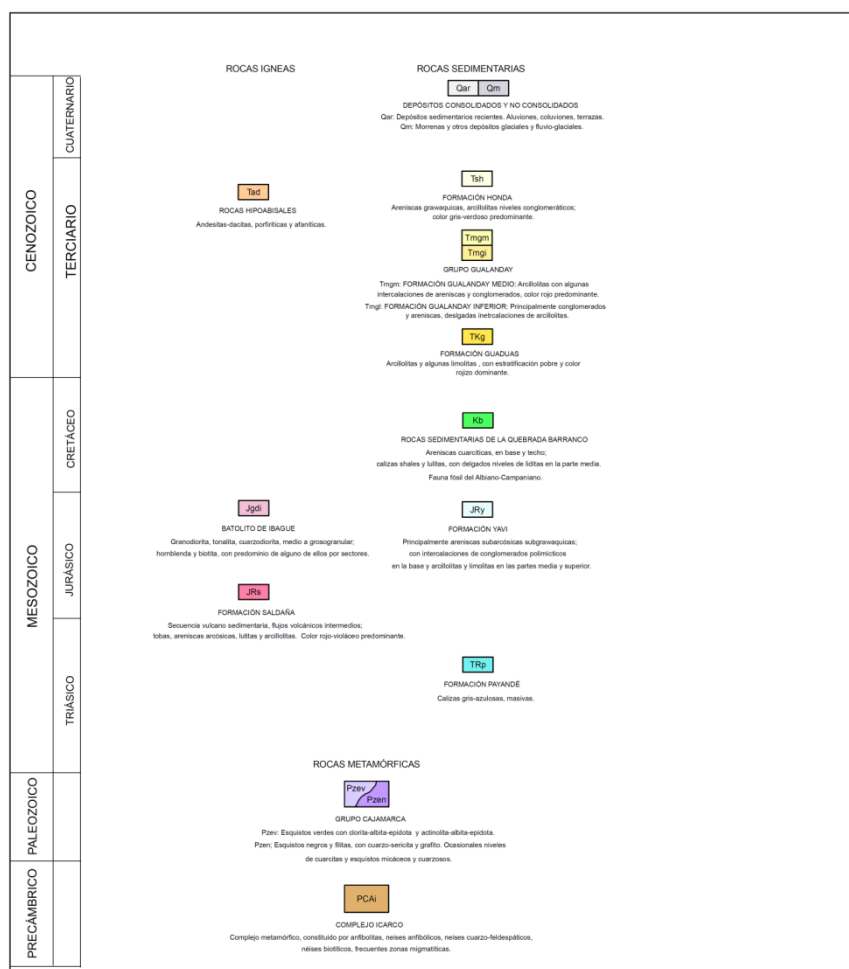
La plancha 301 la compone mayoritariamente el departamento del Tolima y en menor proporción el Huila, se única al sur del departamento del Tolima. El clima que predomina es el templado húmedo, el frío húmedo y el cálido seco en menor área. Su drenaje natural es de excesivo en la zonas de montaña y moderado a imperfecto en las zonas cóncavas de los valles intrincados en la montaña. La composición de los materiales que formaron los suelos son principalmente son tonalitas y una mezcla de granodioritas y tonalitas, en menor proporción las arcillolitas, cenizas volcánicas y areniscas. Los suelos son superficiales y profundos en la zonas de montaña, en los valles son moderadamente profundos.

Los órdenes predominantes son Inceptisoles y Entisoles, y en menor representatividad están los Andisoles y Molisoles. Las texturas que dominan arenosas-francas (AF) y las franco-arcillosas-gravillosas (FArAGr). La composición de arcillas está la montmorillonita y vermiculita, con trazas de alófana, biotita, caolinita y illita. El grado de erosión esta entre ligera a moderada; esta en menor extensión.

7. MARCO GEOLÓGICO

Las unidades litológicas principales presentes en la Plancha 301 – Planadas, se muestran de la más antigua a la más reciente teniendo en cuenta la Memoria Explicativa del Levantamiento Geológico de la Plancha 301 Planadas, zona caracterizada por presentar 2 regiones geológicas identificables claramente, el sector este constituido por rocas sedimentarias y volcánicas, definido el resto de la plancha por unidades de Rocas Cristalinas, principalmente Ígneas-Plutónicas.

Figura 14. Muestra las unidades geológicas presentes en la plancha 301. Tomado y modificado de Igeominas (1991).



Fuente: Tomado y modificado de Núñez y Flórez (1991),

7.1 ESTRATIGRAFÍA

7.1.1 Complejo Icarco (PCAi). Cuerpo metamórfico compuesto de anfibolitas, neises anfibólicos y neises cuarzofeldespáticos, donde se encuentran xenolitos y "techos pendientes" con tamaños variables dentro del Batolito de Ibagué, principalmente asociados a zonas de fallas. Las anfibolitas y los neises anfibólicos poseen composición similar aunque tienen una diferencia en el tamaño de grano y en su estructura. Otras litologías con menos predominancia se encuentran neises biotíticos, cuarcitas y migmatitas. Sobre la carretera Rioblanco – La Herrera, entre bocas del Anamichú y El Diamante, se encuentran numerosos afloramientos del cuerpo más extenso cartografiado.

7.1.2 Grupo Cajamarca (Pzen-Pzev). Se identifica una serie de afloramientos en el borde NW de la plancha prolongándose al N con la Plancha 281, y al W con la Plancha 300.

Pzen: Complejo Metamórfico constituido por esquistos y filitas negras cuarzo-sericiticos-grafitosos. Poco frecuente se encuentran esquistos micáceos y cuarcitas.

Pzev: Unidad metamorfica constituida principalmente por esquistos verdes cloríticos-actinolíticos.

7.1.3 Formación Payandé (TRp). Cuerpo sedimentario predominantemente de calizas masivas, con una estratificación en forma de bancos con espesores variables. Se encontraron de forma mínima intercalaciones arenosas y lutitas negras. Se identifican afloramientos en las estribaciones del flanco E de la cordillera Central, sobre la vía que comunica a Planadas con Casa de Zinc - Santa Rita – Praga – Aipe.

7.1.4 Formación Saldaña (JR_s). Unidad conformada por rocas volcánicas, tobas y lavas, de composición intermedia a básica, y colores variados. La unidad sedimentaria se encuentra escasa y están representadas por areniscas arcósicas y líticas con intercalaciones de arcillolitas de colores rojizo, verde y violación con limolitas. La unidad está cortada principalmente por diques andesítico-dacíticos, con textura afanítica, poco porfírica, mostrando coloraciones grisáceas a verdes. Los afloramientos se ubican en la vía que comunica a Planadas con la Vereda san Agustín, con Rio Claro, Casa de Zinc, con buenas exposiciones sobre el rio Claro.

7.1.5 Batolito de Ibagué (Jg_{di}). Esta unidad cubre un 75% del área en estudio. Se identificaron sobre la carretera que comunica a Planadas con Bilbao – Herrera, sobre el río Siquila, y en el sector N hacia el corregimiento Maracaibo. Cuerpo conformado principalmente por granodioritas, aunque en algunas zonas donde predominan tonalitas y cuarzodioritas, y otros sectores donde se encuentran granitos, cuarzomonzodioritas y cuarzomonzonitas de forma muy escasa, los minerales máficos como la Hornblenda y la biotita predominan de forma indiscriminada.

7.1.6 Formación Yaví (JRy). La unidad se identifica cerca del Centro Experimental La Granja, al este de Planadas y con buenas exposiciones hacia las veredas Maquencal, La Virgen y sobre la quebrada Murcia, en contacto discordantemente sobre la Formación Saldaña. Compuesto en la parte inferior de la formación por alternancia de areniscas y conglomerados de guijarros, hacia la parte media se encuentran sedimentos con una granulometría más fina predominantemente limolitas y arcillolitas con intercalaciones de areniscas, y hacia la parte superior predomina una alternancia de lutitas oscuras y areniscas encontrando arcillolitas de forma escasa. La granulometría varía entre fino y conglomerático, donde la composición varía entre subgrawaca, subarcosa y hacia el techo se encontraron niveles cuarcíticos.

7.1.7 Rocas Sedimentarias de la Quebrada Barranco (Kb)

Cuerpo sedimentario caracterizado en la parte basal por areniscas y niveles irregulares de conglomerados cuarzosos, estas areniscas son arcósicas y van cambiando a cuarcíticas a medida que se va ascendiendo estratigráficamente. El segundo conjunto está compuesto por paquetes gruesos de calizas biomicríticas, de color grisáceo con un alto grado de resistencia. El tercer conjunto se conforma por liditas y lutitas de color oscura con un alto contenido de concreciones con diámetros variables, la parte superior de este conjunto está constituido predominantemente de liditas. El miembro superior está compuesto por areniscas, donde se encuentran intercalaciones delgadas de lutitas calcáreas y limolitas, donde las areniscas son cuarzosas con cemento calcáreo.

7.1.8 Formación Guaduas (Tkg). La unidad se identifica en el oeste del río Atá, entre Monteloro y el sur de Planadas, presenta un contacto concordante con las Rocas Sedimentarias de la quebrada Barranco, teniendo un contacto fallado, en el tope, con areniscas y conglomerados del Gualanday inferior. Está compuesta en casi su totalidad por arcillolitas rojas y violáceas, regularmente amarillentas y grises, con delgadas intercalaciones de limolitas.

7.1.9 Grupo Gualanday (Tmgm-Tmgi). Las unidades se identifican sobre la vía Ataco – Planadas, en el sector conocido como Las Señoritas, corregimiento de Santiago Pérez, solo afloran dos de las tres formaciones en que se ha subdividido el grupo.

Tmgi: La unidad aflora entre el río Mendarco y el sur de Bruselas, teniendo afloramientos en la vía entre El Cóndor – Monteloro, y sobre las quebradas Palmichal y Montalvo. El límite inferior con la Formación Guaduas, es de tipo tectónico, mientras que el superior es concordante con el Gualanday Medio marcado por la aparición del primer nivel potente de arcillolitas. Conformado por una sucesión de conglomerados y areniscas conglomeráticas, con ocasionales intercalaciones de arcillolitas. Los conglomerados en la base son de composición lítica predominantemente con matriz areno-arcillosa de coloración crema. Las areniscas conglomeráticas y areniscas silíceas son más abundantes hacia el techo de la secuencia. En conjunto la unidad presenta una tonalidad rojiza.

Tmgm: Esta unidad se identifica sobre la vía Ataco – Planadas, en el sector Las Señoritas – Santiago Pérez, teniendo el límite inferior concordante con la Formación Gualanday Inferior, mientras que el superior está erosionado. Se compone en un 80% por arcillolitas rojizas, aunque se encuentran algunos niveles de areniscas arcillosas y conglomerados de grano fino. La estratificación no es bien definida, pero se observan cambios de facies, de extensión variable.

7.1.10 Formación Honda (Tsh). La unidad aflora al E de la unión entre los ríos Saldaña y Siquila, donde predominan conglomerados con cantos de cuarzo y rocas intrusivas, en matriz areno-arcillosa y en menor grado areniscas y arcillolitas grises verdosas. Hacia el norte de la confluencia de los ríos Blanco y Anamichú, son comunes las arcillolitas y en menor proporción areniscas arcillosas, la meteorización le da a las rocas una coloración rojiza. Hacia el norte de la desembocadura del río Mendarco en el río Saldaña se intercalan areniscas y arcillolitas de color gris-verdoso, existen algunos canales de carácter conglomerático.

7.1.11 Rocas Hipoabisales (Tad). Se agrupan cuerpos de dacita, andesita y granito, con texturas afanítica, porfirítica y fanerítica fina, que afloran como diques y plutones, de poca extensión. Algunas de estas intrusiones presentan mineralizaciones de pirita y calcopirita, generalmente en fracturas. Los diques son de espesor variables entre 1-2 m y se encuentran venas y venillas, estas últimas son de composición cuarzo-feldespática. Los diques son de espesores variables entre 1-2 m, las venillas son de composición cuarzo-feldespática y comúnmente están asociadas al Batolito de Ibagué. Los diques Dacíticos y andesíticos intruyen todas las rocas hasta el Batolito de Ibagué, los cuerpos más grandes se identificaron en el noroeste, teniendo la terminación sur del Stock de La Albania.

7.1.12 Depositos Recientes (Qm-Qar). Qm: Se localizan en las cabeceras de los ríos Cambrín, Hereje entre Herrera, El Auxilio, y Saldaña entre Herrera y la desembocadura del río Bravo. Son Depósitos Sedimentarios de origen glacial y fluvio-glacial. Varios de estos depósitos son materiales glaciales retrabajados por los ríos y forman terrazas, de algunas decenas de metros de espesor.

Qar: Son Depósitos Sedimentarios Recientes compuestos de Aluviones, que se encuentran en las zonas bajas al este de la plancha, estas acumulaciones

consisten en cantos de rocas ígneas y sedimentarias predominantemente, con algunas volcánicas y metamórficas, en matriz areno-arcillosa. Constituida también por coluviones y terrazas.

7.2 GEOLOGIA ESTRUCTURAL

Los Rasgos estructurales más destacados en la Plancha 301 – Planadas son las fallas y los lineamientos fotogeológicos. Plegamientos de carácter local, afectan las sedimentitas terciarias al NE de Santiago Pérez.

7.2.1 Fallas. Según Núñez y Flórez (1991), se conocen cuatro fallas mayores; tres de ellas afectan casi exclusivamente al Batolito de Ibagué, por lo que se dificulta detectar el tipo de movimiento y el desplazamiento de los bloques a lado y lado de la estructura.

Para Núñez y Flórez (1991), la falla más prominente es la Falla del Saldaña que provoca el alineamiento de los ríos Siquila y Saldaña, este último desde el sector conocido como El Diamante. El movimiento de la falla es de tipo vertical y el plano de falla tiene un buzamiento bastante alto; el bloque Este fue levantado con relación al Oeste. A esta falla están asociadas algunas mineralizaciones de cobre. Las fallas de Herrera y El Hereje causan, respectivamente, el control de los ríos Saldaña y Hereje. La primera tiene una dirección SW-NE y se extiende entre la esquina SW de la plancha hasta El Diamante, pasando por la población de La Herrera. La Falla El Hereje tiene dirección E-W desde El Auxilio hasta el sur de Bilbao. Estas dos estructuras cortan exclusivamente rocas del Batolito de Ibagué, por lo que se dificulta determinar el tipo de movimiento de ellas. (Tomado de Núñez y Flórez 1991).

Según Núñez y Flórez (1991), la falla Mendarco – Santiago Pérez se halla en el sector E de la plancha, marcando el contacto entre el Batolito de Ibagué, las rocas

sedimentarias cretáceas y la Formación Gualanday Inferior. Su rumbo es N-S y continúa en las planchas 281 al norte y 322 al sur. La falla tiene movimiento vertical, con el bloque este, descendiendo con relación al bloque oeste. Hacia el sur se entrecruza con otras fallas menores como la de Casa de Zinc y la de Santa Rita.

7.2.2 Lineamientos Fotogeológicos. En el área en donde afloran rocas del Batolito de Ibagué se detectan, en fotografías aéreas, numerosos lineamientos morfológicos y de corrientes de agua, la mayoría de las veces de poca extensión y con una dirección N-S dominante y SW-NE muy subordinada. La dificultad para llegar a cada uno de estos sitios impide determinar si existe movimiento asociado, razón por la que en el mapa geológico se marcan como lineamientos y no como fallas. (Tomado de Núñez y Flórez 1991).

7.2.3 Pliegues. Para Núñez y Flórez 1991, los plegamientos encontrados son de poca extensión y asociados, casi exclusivamente, a la Formación Gualanday Medio. En las rocas metamórficas precámbricas y paleozoicas son comunes los microplegamientos y replegamientos de foliación y esquistosidad. Igualmente se presentan replegamientos, a escala macro y micro, en las rocas sedimentarias cretáceas, particularmente en los niveles lidíticos.

8. GEOMORFOLOGIA DE LA PLANCHA 301 – PLANADAS

Se incluye las geoformas cuya expresión está definida por la acción combinada de procesos moderados a intensos de meteorización, transporte, erosión y sedimentación, que han remodelado las formas que se originan por influencia de factores y procesos internos o endógenos y dejado remanentes de las geoformas preexistentes.

En la zona de estudio predominan los procesos degradacionales, representados por meteorización, remoción en masa, desplazamientos gravitatorios y erosión, de pendientes inclinadas a abruptas. Se presentan fenómenos de remoción en masa de tipo rotacional y traslacional de varias dimensiones aproximadamente de 90 x 90 metros medidos en planta. Estos fenómenos afectan en gran medida a infraestructura vial y viviendas en menor medida, también se encuentran flujos de detritos y de tierra. Estos fenómenos ocurren en rocas ígneas representadas en el Batolito de Ibagué, saprolito arcillo arenoso producido por la meteorización del Plutón, y Formación Saldaña compuesta por areniscas, limolitas y diques de composición dacíticas.

Tabla 5. Porcentaje de cubrimiento de unidades sobre la Plancha 301 Planadas

AMBIENTE MORFOGENETICO	COD	UNIDAD	AREA (m ²)	PORCENTAJE (%)	PORCENTAJE DE AMBIENTE MORFOGENETICO
AMBIENTE DENUACIONAL	Dcred	Colina remanente disectada	594679,1065	0,030329452	37,77756082
	Dcremd	Colina remanente muy disectada	74916859,11	3,82086285	
	Ddi	Cono de deslizamiento indiferenciado	852818,8499	0,043494934	
	Dldi	Lomeríos disectados	19235199,5	0,981021629	
	Dlpd	Lomeríos poco disectados	21324406,26	1,087574047	
	Dsd	Sierra denudada	623792548,9	31,81427791	

AMBIENTE FLUVIAL	Fca	Cauce aluvial	22820,34574	0,001163869	0,838066514
	Fpac	Planicie aluvial confinada	8370184,459	0,426890919	
	Fpi	Plano o llanura de inundación	3792358,468	0,193415498	
	Fta	Terraza de acumulación	1756460,49	0,089581901	
	Ftan	Terraza de acumulación antigua	1167059,735	0,059521652	
	Ftee	Escarpe de terraza de erosión	1323350,119	0,067492676	
AMBIENTE GLACIAL	Gc	Circo glacial y de nivación	7998307,181	0,407924667	18,69678191
	Gee	Espolón estructural glaciado	15573415,19	0,794265593	
	Gflv	Flancos de valle glacial	54565795,04	2,782930593	
	Glg	Laguna glacial	406140,125	0,020713705	
	Gmf	Morrenas de fondo	13958474,08	0,711901375	
	Gpcs	Plano y cono de sobrelavado glacial	1489569,455	0,075970091	
	Gsg	Siera cristalina glaciada	272601979,8	13,90307589	
AMBIENTE MORFOESTRUCTURAL	Sefc	Espolón faceteado	22166093,65	1,130501262	42,68759075
	Ses	Espolón	29273613,52	1,49299455	
	Sft	Faceta triangular	3211387,307	0,163785169	
	Sles	Ladera escalonada	118245600	6,030688224	
	Slf	Lomo de falla	20560333,55	1,048605288	
	Sife	Escarpe de línea de falla	43517533,51	2,21945406	
	Ssh	Sierra homoclinal	30655627,7	1,563479174	
	Sshlc	Ladera de contrapendiente de sierra homoclinal	253619343,4	12,93493532	
	Sshle	Ladera estructural de sierra homoclinal	269222955,7	13,73074101	
	Sslp	Sierras y lomos de presión	46516523,78	2,372406688	
Total general			1960731438	100	100

Fuente: Autor

8.1 GEOFORMAS DE ORIGEN DENUDACIONAL

El ambiente Denudacional está representada por las siguientes unidades geomorfológicas: Colina remanente disectada (Dcred), Colina remanente disectada (Dcremd), Cono de deslizamiento indiferenciado (Ddi), Lomeríos disectados (Dldi), Lomeríos poco disectados (Dlpd), y Sierra denudada (Dsd). Esta geoformas cubre el 37,77% de la Plancha 301 Planadas.

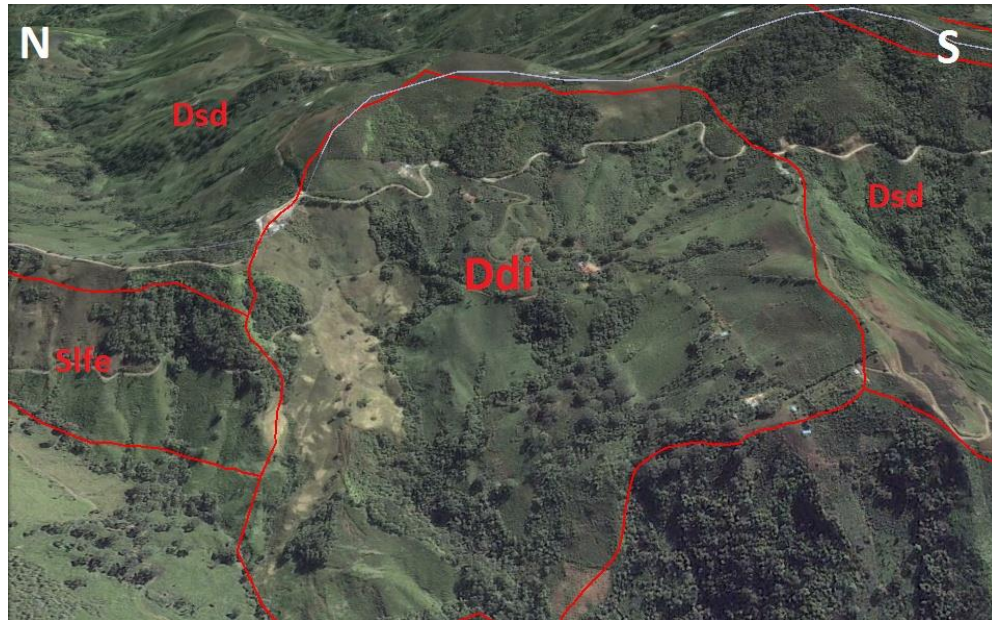
8.1.1 Colina remanente disectada (Dcred). Morfología de relieve colinado, de cimas agudas a subredondeadas, con pendiente escarpada, con laderas moderadamente largas, con algunas superficies onduladas. Se encuentra buena densidad de drenajes, con patrón subdentrítrico formando valles en "V" abiertos. Se identifica hacia el extremo Noreste de la plancha, margen izquierdo y derecho de la vía que comunica a Planadas con Ataco, sobre el rio Saldaña. Se desarrolla sobre el Batolito de Ibagué (Jgdi) en el margen noreste de la plancha.

8.1.2 Colina remanente muy disectada (Dcremd). Morfología de relieve colinado, con un índice moderado, de pendientes escarpadas, con longitudes de ladera moderadamente largas, con algunas superficies onduladas. Se encuentra buena densidad de drenajes, con patrón subdentrítrico formando valles en "V" abiertos, de forma cóncava, con un patrón de drenaje subdentrítrico caracterizando las laderas por una alta disección. Se identifica hacia el extremo Sureste de la plancha, sobre la vía que comunica a Planadas con el corregimiento de Gaitania. Se desarrolla sobre el Batolito de Ibagué (Jgdi).

8.1.3 Cono de deslizamiento indiferenciado (Ddi). Conos y lóbulos de tierra de morfología alomada, se identifican características morfológicas de laderas con pendiente abrupta a escarpada, cóncavas, elongadas, de forma irregular, presenta nichos semicirculares, pendientes escalonados, bloques inclinados, relieve irregular, formación de grietas y cambio súbito de pendiente.

Se determina un patrón de drenaje Paralelo, formando valles en "V" abiertos. Se desarrolla sobre la Formación Saldaña, de edad Jurásica, con desarrollo de suelos de 2 metros aproximadamente, con un alto grado de meteorización física, con presencia de procesos erosivos importantes.

Figura 15. Representa a la unidad Ddi, identificada sobre la vereda San José, Margen Este de la Plancha, donde se resalta su geometría en forma de cono, de superficies onduladas.

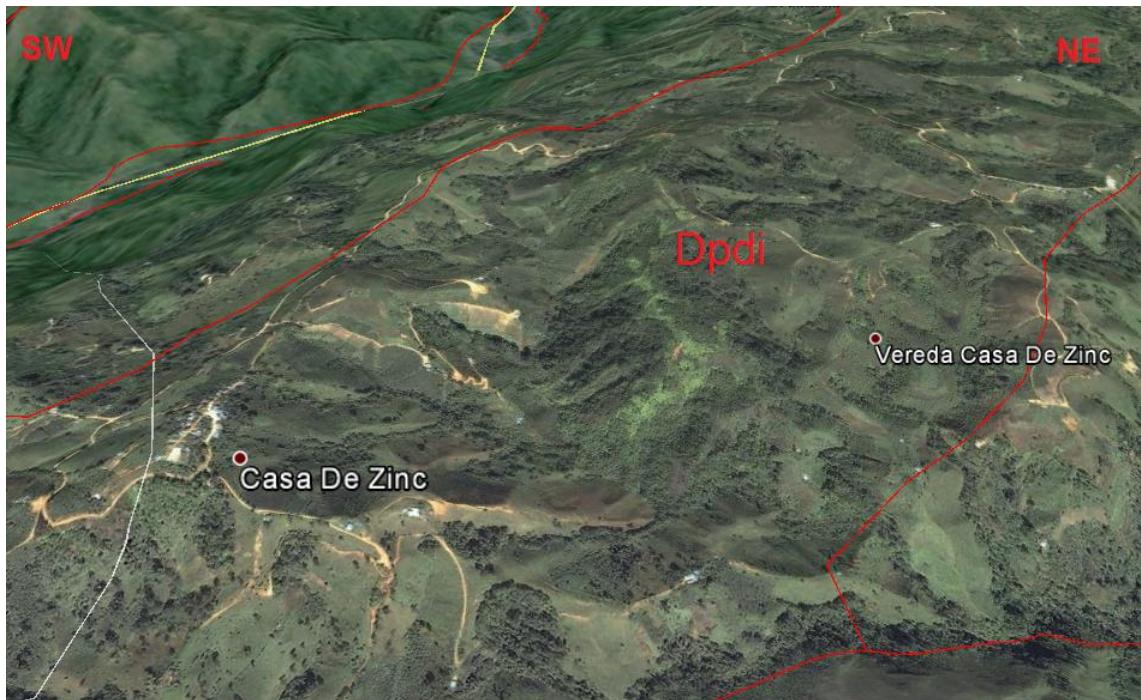


Fuente: Tomado y modificado de Google Earth.

8.1.4 Lomeríos disectados (Dldi). Topografía de morfología alomada, con un índice moderado, de pendiente abrupta, con longitud de ladera moderadamente larga, de formas convexas, con cimas redondeadas amplias. Presentan una densidad media de drenajes, de textura mediana, con patrón subparalelo, formando canales en "U" cerrados.

Unidad identificada sobre la vereda Casa de Zinc, localizada al este del municipio de la plancha, por la vía que comunica al municipio de Planadas con Santa Rita – Aipe. Se desarrolla sobre las granodioritas pertenecientes al Batolito de Ibagué (Jgdi), de edad jurásica, donde se resalta un desarrollo de suelo residual considerable, identificando flujos de tierras principalmente.

Figura 16. Representa a la unidad Dldi, localizada sobre la vereda Casa de Zinc, vía que comunica a Planadas con Santa Rita - Aipe.



Fuente: Tomado y modificado de Google Earth.

8.1.5 Lomeríos poco disectados (Dlpd). Morfología de relieve alomado, con un índice bajo, característicamente de pendiente muy abrupta, de longitudes de ladera cortas con formas rectas, cimas planas amplias eventualmente redondeadas. Dominada por una densidad de drenajes baja, con una frecuencia baja, de textura fina a mediana formando valles en “U” cerrados con un patrón característico subdentríptico a dentríptico.

Se identifica sobre la vía que comunica a Planadas con el Paujíl, por el sector conocido como El Cóndor, por la quebrada Bolsillo. Se desarrolla sobre lodolitas correspondientes a la Formación Guaduas (TKg), desarrollo de suelo de 2,5 metros aproximadamente, poco consolidado, donde se remarcaban pequeños escarpes a causa de caídas.

Figura 17. Representa a la unidad Dlpd, identificada sobre la vía que comunica a Planadas con el Paujíl, por el sector conocido como El Cóndor, por la quebrada Bolsillo.



Fuente: Autor

8.1.6 Sierra desnuda (Dsd). Superficie de morfología muy montañosa, con pendiente muy abrupta a escarpada, presentando un relieve de alto grado, de laderas predominantemente muy largas, con una forma de ladera compleja, dominada por una red de vertientes inclinadas a muy inclinadas que van ocasionando procesos de denudación intensos caracterizados por procesos erosivos presentes hacia las laderas formando Valles en “V” abiertos, donde se genera un patrón de drenaje de tipo paralelo, en el cual se resalta el desarrollo de suelo residual, identificando procesos traslacionales, con alto grado de meteorización física. Se identifica en la vía que comunica a Planadas con la vereda Coloradas sobre la unidad Batolito de Ibagué (Jgdi)

Figura 18. Representa a la unidad Dsd, en la vereda Coloradas, remarcando el patrón de drenaje paralelo, desarrollada sobre las Granodioritas del batolito de Ibagué (Jgdi).



Fuente: Autor

8.2 GEOFORMAS DE ORIGEN FLUVIAL

El ambiente Fluvial está representado por las siguientes unidades geomorfológicas: Cauce aluvial (Fca), Planicie aluvial confinada (Fpac), Plano o llanura de inundación (Fpi), Terraza de acumulación (Fta), Terraza de acumulación antigua (Ftan) y Escarpe de terraza de erosión (Ftee). Esta geofomas cubre el 0,8380% de la Plancha 301 Planadas.

8.2.1 Cauce aluvial (Fca). Canal de forma irregular excavado por corrientes perennes o estacionales, dentro de sedimentos aluviales del depósito cuaternario de Terrazas Aluviales (Qar), y que dependiendo de factores como pendiente, resistencia del lecho, carga de sedimentos y caudal, pueden persistir por grandes distancias. Morfología de relieve alomado, elongado, suave, de pendiente inclinada, con laderas cortas a moderadamente largas, de superficie plana, eventualmente de ladera cóncava. Se identifica baja densidad de drenajes sin un patrón definido, marcado por valles en forma de "U" abierto.

8.2.2 Planicie aluvial confinada (Fpac). Franja de terreno de morfología plana, muy angosta eventualmente inundable, en forma de "U", limitada por sierras estructurales, que bordean los cauces fluviales, en los cuales se observa el estrangulamiento o estrechamiento del mismo, identificada hacia el NE de la plancha, en la vía que comunica a Planadas con Ataco, en el margen NW del Filo El Águila, sector donde se une el rio Atá con el Rio Saldaña. Constituida por material aluvial (arenas, limos y arcillas), pertenecientes a la unidad de Depósitos de Terrazas Aluviales (Qar).

Figura 19. Representa la unidad Fpac, identificada hacia el NE de la plancha, en la vía que comunica a Planadas con Ataco, en el margen NW del Filo El Águila, sector donde se une el rio Atá con el Rio Saldaña.



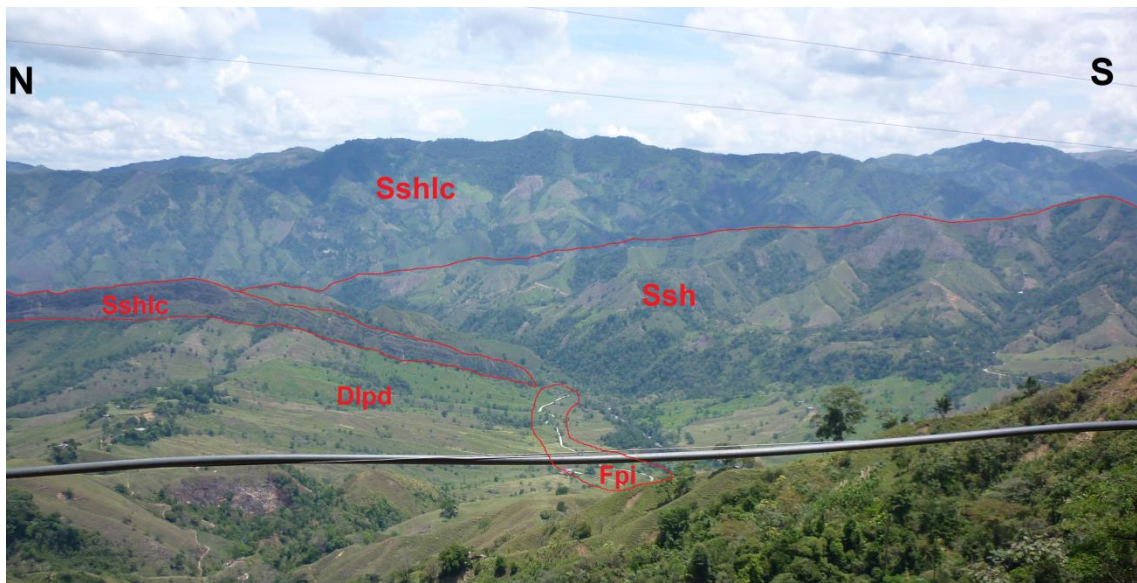
Fuente: Autor

8.2.3 Plano o llanura de inundación (Fpi). Morfología plana con superficies onduladas, principalmente se identifica bordeando cauces fluviales limitado localmente por escarpes de terraza. Se presentan como superficies estrechas y elongadas, presentando una red de drenaje media con patrones subparalelos.

Se constituye de sedimentos finos producto de la sedimentación durante eventos de inundación fluvial. Se localiza hacia el sureste de la plancha, sobre el río Atá, no se presentan movimientos representativos en esta unidad, sin embargo, en algunos casos ha ocasionado inundación en laderas destinadas a agricultura ocasionando daños considerables. (Figura 20).

8.2.4 Terraza de acumulación (Fta). Morfología plana con pendiente suave y modelado sobre sedimentos aluviales, los cuales se presentan a lo largo del cauce de un río el cual se encuentra limitado por escarpes de diferente altura. Pueden hacer parte de cauces meándricos, estando los primeros en algunos casos modelados por control estructural. Constituido principalmente por gravas, arenas, limos y arcillas, cuyo tamaño disminuye a medida que se va alejando del cauce del río. Se identifica en la vía que comunica al corregimiento de Herrera con el municipio de Río Blanco, en el sector conocido como Puerto Saldaña, teniendo en cuenta que se genera en el contacto entre las unidades Rocas Hipoabisales (Tad) con los depósitos recientes Qar, que son depósitos sedimentarios recientes.

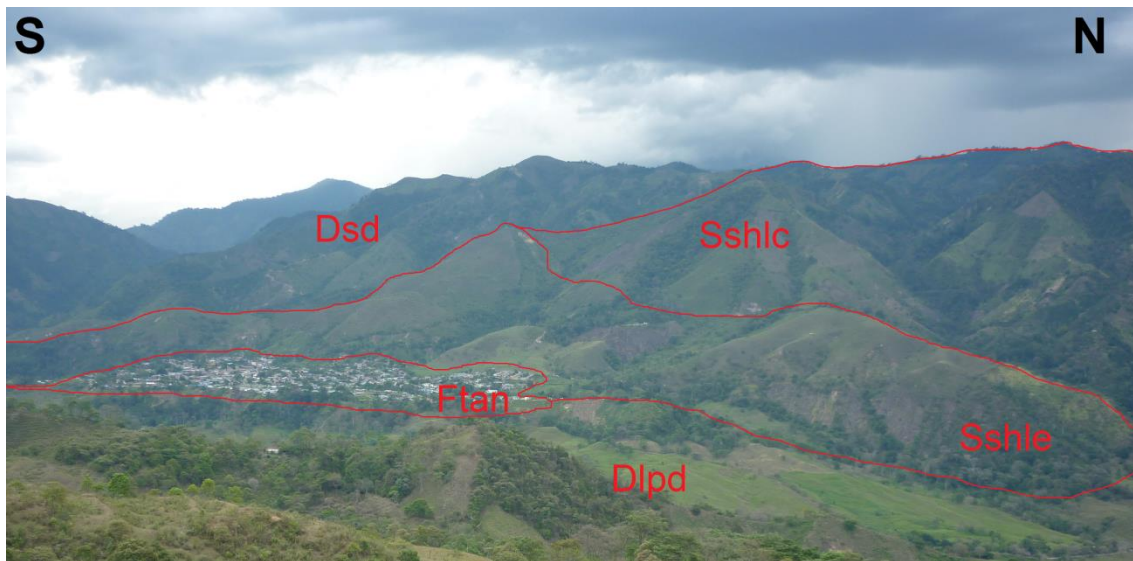
Figura 20. Representa la unidad Fpi, identificada en la vía Planadas – Bilbao, margen E de la plancha



Fuente: Autor

8.2.5 Terraza de acumulación antigua (Ftan). Superficie plana, en forma de abanico ampliamente explayado, con laderas moderadamente largas, pendientes planas, de formas convexas, los cuales se limitan por escarpes de disección en forma de "V" amplia que ocasiona pendientes considerables. Su origen se asocia a la existencia de abanicos y planicies aluviales antiguas, muy disectadas y tectonizadas, compuestas por gravas, arenas y arcillas. Se identifica sobre los depósitos sedimentarios recientes (Qar), formación Guaduas y sobre las Rocas Sedimentarias de la Quebrada Barranco localizado sobre el municipio de Planadas, al sureste de la plancha, donde se presentaron algunos movimientos de reptación, teniendo en cuenta algunos deslizamientos traslacionales, que no son representativos a la escala de interés.

Figura 21. Se identifica la unidad Ftan, localizada sobre el municipio de Planadas, al sureste de la plancha.



Fuente: Autor

8.2.6 Escarpe de terraza de erosión (Ftee). Talud vertical, que bordean terrazas aluviales de erosión, de pendientes muy escarpadas, de forma recta, con laderas irregulares, caracterizada por presentar socavación del río Saldaña que afectan el escarpe ocasionando erosión en tipo de surcos y cárcavas principalmente, se localiza cuyo origen se relaciona a la incisión y profundización del cauce sobre el estrato rocoso. Se identifica en la vía que comunica a Herrera con el municipio de RioBlanco, sobre la rívera del río Saldaña, en la cabecera municipal de Herrera. Se genera sobre los depósitos glaciales y fluvioglaciales (Qm). Se identificaron principalmente movimientos de flujo en baja proporción, ocasionando afectación sobre la vía entre Herrera y RioBlanco.

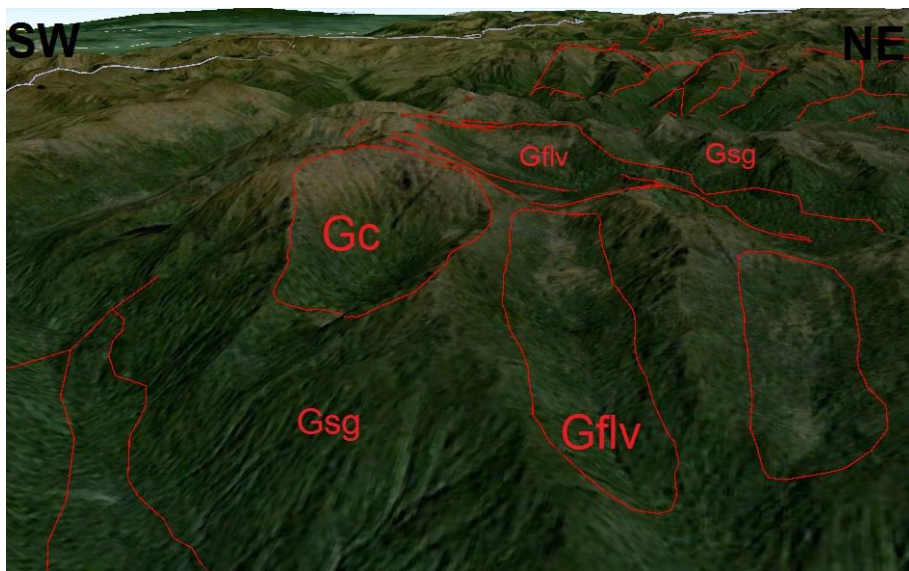
8.3 GEOFORMAS DE ORIGEN GLACIAL

El ambiente Glacial está representado por las siguientes unidades geomorfológicas: Circo glacial y de nivación (Gc), Conos glaciofluviales (Gcgf), Espolón estructural glaciado (Gee), Flancos de valle glacial (Gflv), Laguna glacial

(Glg), Morrenas de fondo (Gmf), Plano y cono de sobrelavado Glacial (Gpcs) y Sierra cristalina glaciada (Gsg). Esta geofomas cubre el 18,69% de la Plancha 301 Planadas.

8.3.1 Circo glacial y de nivación (Gc). 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 definen por paredes escarpadas inclinadas verticales, donde hacia el centro se denotan valles glaciales, bordeados por rocas aborregadas que marcan una serie de escalonamientos sobre el valle. Se desarrolla sobre la Unidad Batolito de Ibagué (Jgdi), en el extremo SW de la plancha, donde se resalta un patrón de drenaje subparalelo radial, a causa de la morfología del circo glacial.

Figura 22. Representa la Unidad Gc, localizado en el extremo SW de la Plancha, (Tomado de Google Earth).



Fuente: Tomado y Modificado de Google Earth.

8.3.2 Espolón estructural glaciado (Gee). Salientes simétricas agudas de morfología alomada con una longitud corta, de forma recta y con pendiente inclinada a abrupta, formada por planchas estructurales características que delimitan la unidad, cuyo origen obedece a procesos erosivos glaciales. Hacia la parte alta localmente se presentan aristas y circos glaciales.

No se identifican una gran densidad de drenajes, aunque se logra definir algunas ondulaciones sobre la ladera afectadas por drenajes que presentan valles en forma de "U" cerrado, caracterizado por presentar lineamientos en dirección S-N, dominando la unidad Batolito de Ibagué (Jgdi).

8.3.3 Flancos de valle Glacial (Gflv). Son laderas cóncavas de pendientes abruptas, longitudes cortas a moderadamente largas localmente con facetas truncadas, paredes casi verticales, de pendiente escarpada, con cimas agudas, afectadas por procesos erosivos intensos localizados sobre estas paredes rocosas, donde se cumularon depósitos fluvioglaciales, en contraste con el Batolito de Ibagué (Jgdi) en las riveras de estos valles, identificados en al oeste de la plancha, principalmente sobre la vía que comunica a Herrera con El Auxilio, sobre los márgenes del río Hereje

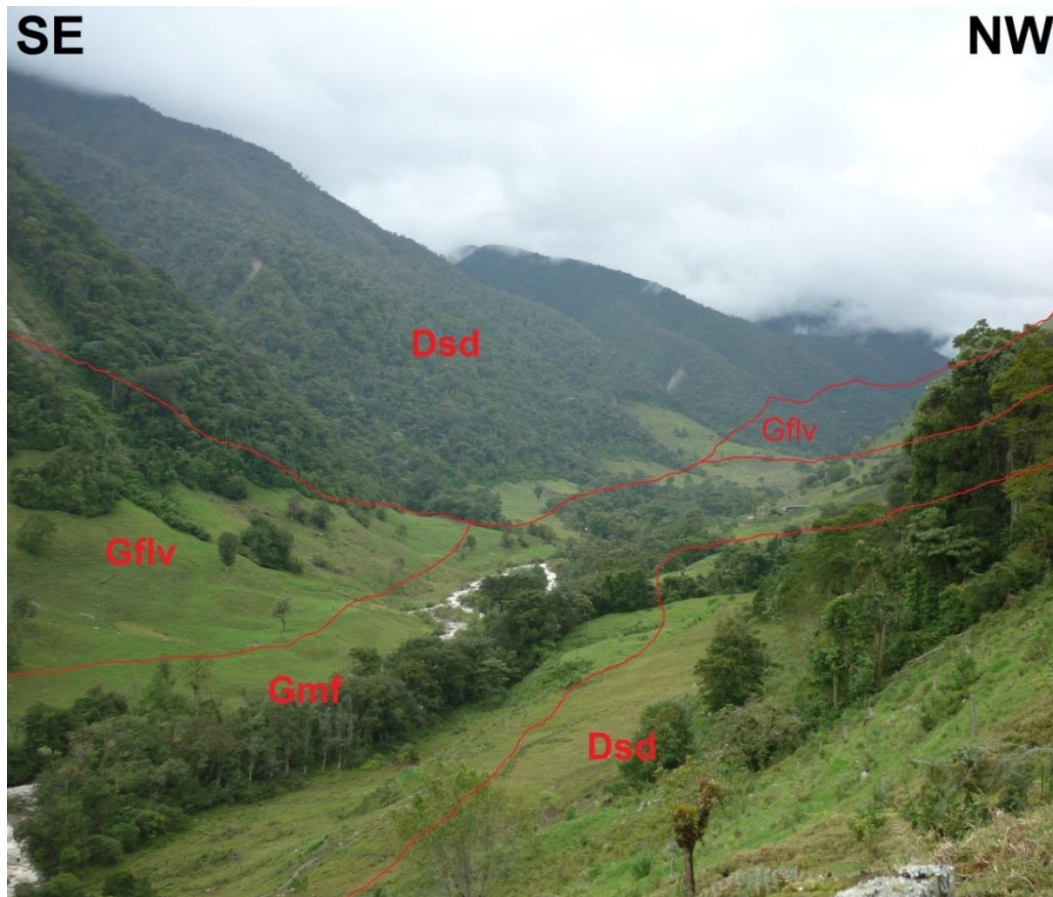
8.3.4 Laguna Glacial (Glg). Cuerpos de agua localizadas en zonas montañosas glaciadas, principalmente en la base, piso o simplemente bordeadas por estos circos glaciales donde se logran formar de cierta forma en mitad de laderas largas. Se incluyen igualmente los lagos formados en planicies glacio-lacustrinas, la fracción sólida suele estar constituida por materiales finos arcillosos.

Se incluyen los lagos formados en la parte trasera de morrenas terminales de recesión y localmente en planos glaciolacustrinos.

8.3.5 Morrenas de Fondo (Gmf). Morfología en montículos, de relieve colinado, con índices moderados, pendientes abruptas, laderas moderadamente largas de formas convexas, se localiza sobre fondos de valles glaciales, de patrón de drenaje subdentrítico, constituidos por fragmentos de roca angulares dispuestos en matriz arenosa muy compacta.

Se identifica en el extremo oeste de la plancha, por la vía que comunica a Herrera con El Auxilio, riveras del rio Hereje, cuchilla Peña Negra, Cuchilla el Purgatorio y Cuchilla Bejuqueros, se genera sobre granodioritas del Batolito de Ibagué, con un grado de meteorización física considerable. Se identificaron pequeños flujos a causa del bajo grado de consolidación que presentaban los suelos en este sector.

Figura 23. Identifica la unidad Gflv y Gmf, vía que comunica a Herrera con El Auxilio.



Fuente: Autor

8.3.6 Plano y cono de Sobrelavado Glacial (Gpcs). Morfología plana, de pendientes planas a suaves, con longitud cortas de formas rectas predominantemente, localizados más allá del margen glacial definido por las morrenas terminales, localizados sobre el Batolito de Ibagué y principalmente sobre depósitos recientes glaciales y glacio-fluviales, delimitado por morrenas y escarpes pequeños con algunos procesos de erosión debido a la meteorización y al grado de fracturamiento que se presenta en estas unidades.

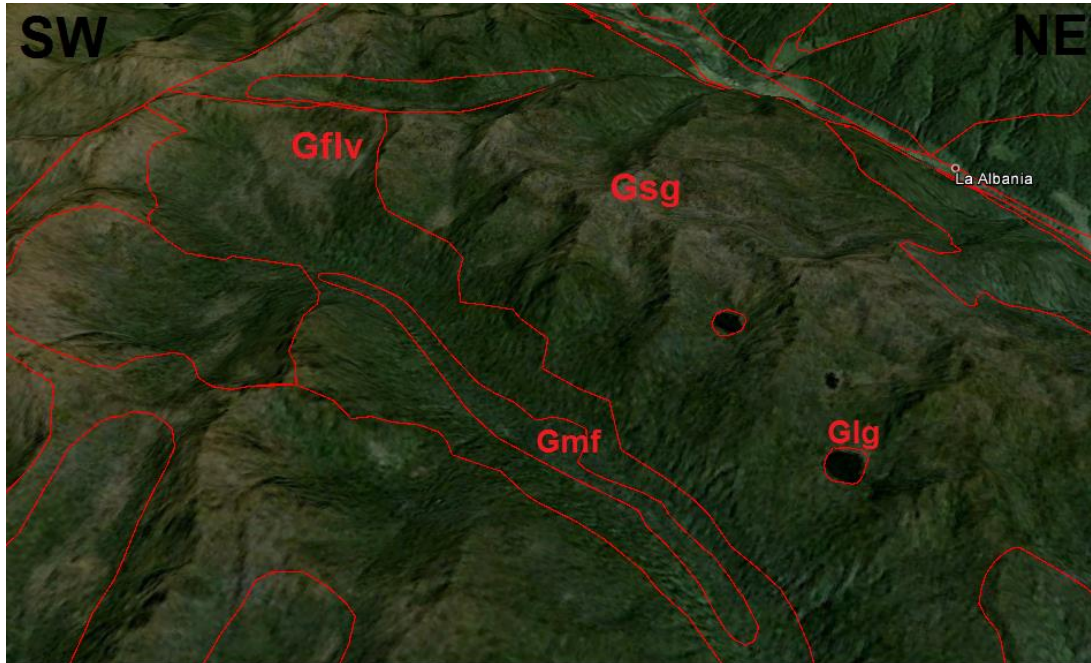
Se localiza sobre el margen derecho de la vía que comunica a Herrera con RioBlanco, y también en la vía que comunica a Herrera con el sector conocido como El Porvenir, margen sureste del Cerro Cristales.

8.3.7 Sierra Cristalina Glaciada (Gsg). La geoforma se caracteriza por presentar una gran extensión dentro del cuadrante posee una geometría irregular y un relieve que presenta formas angulares, agrupa en si misma otros rasgos morfológicos como flancos de valle de glaciación, circos glaciares, lagunas glaciares, morrenas, etc.

Agrupa además una serie de sierras de menor longitud y extensión que poseen pendientes inclinadas, con laderas irregulares, por lo general cóncavas que evidencian el diaclasamiento de la roca sobre la cual se desarrollan las estructuras, el mismo fracturamiento ejerce un fuerte control sobre el drenaje; las laderas muestran fuertes procesos de erosión debido al pobre desarrollo de suelo y por lo tanto de vegetación.

Se caracteriza por presentar drenajes con patrón subdentrítico, formando valles en “V” abiertos, modelando las granodioritas del Batolito de Ibagué (Jgdi) en el extremo oeste de la plancha sobre la vía que comunica a Herrera con el Auxilio, sobre las riveras del río Hereje.

Figura 24. Representa las Unidades Gflv, Gsg, Glg y Gmf, se resaltan morfologías en U en la unidad Gsg, y el valle característico en U abierto en la parte inferior de un circo glaciar en la unidad Gflv. Se localizan sobre el margen Oeste de la Plancha.



Fuente: Tomado y modificado de Google Earth

8.4 GEOFORMAS DE ORIGEN MORFOESTRUCTURAL

El ambiente Morfoestructural está representado por las siguientes unidades geomorfológicas: Espolón faceteado (Sefc), Espolón (Sees), Faceta triangular (Sft), Ladera escalonada (Sles), Lomo de falla (Slf), Escarpe de línea de falla (Slfe), Sierra homoclinal (Ssh), Ladera de contrapendiente de sierra homoclinal (Sshlc), Ladera estructural de sierra homoclinal (Sshle) y Sierras y lomos de presión (Sslp). Esta geofomas cubre el 42,69% de la Plancha 301 Planadas.

8.4.1 Espolón faceteado (Sefc). Morfología de sierras colinadas que se desprenden de estructuras mayores las cuales corresponden a procesos de plegamiento, fallamiento y erosión diferencial sobre rocas de distinta competencia. Es producto de fallamiento inverso y de rumbo que generan

truncamientos a manera de facetas triangulares. Se caracteriza por tener un relieve moderado, con longitud de ladera larga, de forma irregular, donde se destaca un patrón de drenaje Dentrítico, de textura media a gruesa, formando canales en forma de "V" abiertos. Se desarrolla principalmente sobre las granodioritas del Batolito de Ibagué, identificada en la vereda El Diamante y en los márgenes del río Cambrín.

8.4.2Espolón (Ses). Saliente de morfología alomada, con índices bajos, de pendientes escarpadas, con laderas cortas a moderadamente largas, que se presenta perpendicularmente a la tendencia estructural regional del sector. Se desarrollan laderas festoneadas, con una densidad media de drenajes con patrones subdentríticos, formando valles en "V". Se desarrolla sobre tobas de la Formación Saldaña con presencia de vegetación considerable, donde se identifican suelos de tipo residual no consolidados con alto grado de meteorización. Se identifica en la vereda San Jose, margen este de la plancha.

Figura 25. Representa la unidad Ses, donde se denota un patrón de drenaje subdentrítico, con valles en "V" abiertos.



Fuente: Tomado y modificado de Google Earth

8.4.3 Faceta triangular (Sft). Superficie planar abrupta, recta con una geometría en planta triangular o trapezoidal (base amplia y angosta hacia arriba), cuyo origen se debe al truncamiento y desplazamiento vertical o lateral de relieves estructurales o interfluvios por procesos de fallamiento y erosión diferencial posterior.

Se identifican sierras con alto grado de disección con geometría elongada, de relieve montañoso, moderado, donde se resalta un patrón paralelo característica formando valles en "V" cerrados, delimitando cada faceta, localizada en el margen NW de la plancha, la cual se desarrolla sobre granodioritas del Batolito de Ibagué (Jgdi), identificada sobre el rio Cambrin, en la vereda La Reina, donde se demarcaron deslizamientos de tipo traslacional, con desarrollo de suelos residuales con bajo grado de consolidación, por lo que se presentaron flujos de tamaños considerables aunque no cartografiables.

Figura 26. Representa la unidad Sft. Localizada en la vereda La Reina, en el NW de la plancha.



Fuente: Tomado y modificado de Google Earth.

8.4.4 Ladera escalonada (Sles). Ladera estructural, con estratos en forma de escalón, con pendiente abrupta a escarpada y dispuestos a favor pendiente del terreno, de longitud larga, de forma recta irregular escalonada, separada por escarpes abruptos de menor longitud como consecuencia de la incisión de los drenajes, con un patrón subparalelo característico ocasionado por el fracturamiento perpendicular al buzamiento de los niveles litológicos donde se concentran procesos de erosión diferencial, localizada sobre la vía que comunica a Herrera con la vereda Campo Hermoso, sector conocido como El Porvenir.

Se desarrolla sobre conglomerados bien compactados del Grupo Gualanday, donde se resalta el escalonamiento característico, resaltando el alto grado de erosión que se ha ocasionado en esta unidad presentando deslizamientos de tipo traslacional, con suelos residuales, con alto grado de meteorización física.

Figura 27. Representa a la unidad Sles, vía que comunica a Herrera con la vereda Campo Hermoso, sector conocido como El Porvenir.



Fuente: Autor

8.4.5 Lomo de falla (Slf). Morfología de relieve alomado, elongado, con laderas cortas, de pendientes escarpadas, de forma convexa, localizados a lo largo de una falla de rumbo, formados por efecto combinado de desplazamiento lateral y el plano de falla.

Presenta una densidad de drenajes media con patrones subparalelos, formando canales en "V", se localiza sobre el margen este de la plancha, en la vereda Casa de Zinc y en la vereda Horizonte, desarrollándose sobre las granodioritas del Batolito de Ibagué y sobre rocas vulcanosedimentarias de la Formación Saldaña afectada por la acción de la falla Santa Rita, donde se presentaron pequeños flujos de tierras debido a un desarrollo de suelo considerable de tipo residual, con bajo grado de consolidación, por lo que se generaban procesos en los drenajes principalmente.

Figura 28. Unidad Slf, donde se remarca el patrón de drenaje subparalelo, de cobertura vegetal considerable, donde el contacto se demarca sobre el trazo del río Cachichí



Fuente: Tomado y modificado de Google Earth

8.4.6 Escarpe de línea de falla (Slfe). Escarpe de morfología alomada, cuya ladera es corta, de pendiente abrupta, de forma cóncava, originado por erosión diferencial acentuada a lo largo de una línea de falla definida por el truncamiento de estructuras topográficas y geológicas definidas por acción de la estructura mayor. Se presentan suelos no mayores a 2 metros, bien consolidados, con patrón de drenaje subparalelo. Se localiza en las riveras de la quebrada La Sardina, vereda Cristalina y vereda El Cambrin, en la cuchilla Buenos Aires, desarrollándose sobre las granodioritas Batolito de Ibagué, no se identificaron movimientos representativos.

8.4.7 Sierra homoclinal (Ssh). Prominencia topográfica simétrica o ligeramente simétrica elongada y de morfología colinada, caracterizada por una serie de estratos afectados por el plegamiento inverso asociado a la estructura mayor, de cimas agudas. Generalmente es producto del desarrollo o erosión de un solo flanco de una estructura geológica. Se desarrolla sobre el Batolito de Ibagué y la Formación Saldaña, identifica en la vía que comunica a Planadas con Ataco, en la rivera del río Atá, en la vereda Maquencal. Se identificaron suelos de tipo residual de espesores variables, mal consolidados donde se generaban deslizamiento de tipo traslacional principalmente, con predominio de material tierra.

Figura 29. Unidad Ssh, sobre la vereda Maquencial, en donde se remarca su patrón de drenaje definido recalcando cimas agudas laderas de forma cóncavas.



Fuente: Autor

8.4.8 Ladera de contrapendiente de sierra homoclinal (Sshlc). Morfología de relieve montañoso, con índices altos, de pendientes escarpadas, con laderas moderadamente larga, de forma cóncava, generalmente denudada, definida por la inclinación de los estratos en contra de la pendiente, escalonada, festoneada, constituida por una interestratificación de rocas duras, intermedias y blandas.

Se identifican procesos coluviales, de reptación de suelos y localmente disección intensa movimientos en masa menores. Se identifica sobre el margen oeste del municipio de planadas, desarrollándose sobre el Batolito de Ibagué, Complejo Icarco una parte de las Rocas Sedimentarias de la Quebrada Barranco y en la vía que comunica a Planadas con Ataco, se identifica sobre la Formación Guaduas. Se determinan suelos de espesores variables, bajo grado de consolidación, donde se presentaban pequeños flujos de tierras y deslizamientos traslacionales principalmente, presentando un grado de meteorización física considerable.

8.4.9 Ladera estructural de sierra homoclinal (Sshle). Morfología de Relieve Colinado, de pendiente abrupta a escarpada, con cimas aguas, de ladera moderadamente larga con forma irregular, se domina por una densidad de drenajes con patrón subparalelo que genera valles en "V" abiertos. Está constituida por rocas intermedias a duras con el desarrollo de suelos residuales delgados y asociados localmente con procesos denudacionales acentuados y desarrollo de tierras malas.

La unidad se identifica en el margen oeste del municipio de Planadas, la cual se desarrolla sobre Areniscas de la Formación Rocas Sedimentarias de la Quebrada Barranco, suelos residuales, donde se identificaron deslizamientos traslacionales principalmente, con predominio de material tierra, en la figura 31, el movimiento se identificó sobre la vía que comunica a Planadas con la vereda Bellavista, y el movimiento de la figura 32 se identificó sobre la vía que comunica a Planadas con el caserío El Paujil, a 4 km del sector conocido como La Estrella.

Figura 30. Representa a la unidad Sshle, sobre el margen oeste del municipio de Planadas, donde se denotan superficies onduladas.



Fuente: Autor

Figura 31. Deslizamiento traslacional identificados en la unidad Sshle, se identificó sobre la vía que comunica a Planadas con la vereda Bellavista



Fuente: Autor

Figura 32. Se identificó sobre la vía que comunica a Planadas con el caserío El Paujil, a 4 km del sector conocido como La Estrella.



Fuente: Autor

8.4.10 Sierras y lomos de Presión (Sslp). Morfología de relieve montañoso, con índices altos, formadas por plegamientos intensos, dominando laderas de longitudes cortas, de formas cóncavas, formadas por plegamiento intenso, verticalización de secuencias sedimentarias, asociados a fallamiento inverso.

Se localiza en el extremo sureste de la plancha en la cuchilla La Churroca, delimitándose debido a la acción de la falla Santa Rita, donde se identificaron deslizamientos traslacionales y traslacionales en cuña, con predominio de material tierra, suelos residuales con bajo grado de consolidación lo que por efecto de algún detonante ocasiona estos procesos.

Figura 33. Deslizamiento traslacional en cuña, identificado en la vía que comunica a Planadas con Santa Rita - Praga - Aipe, predominio de material tierra, desarrollo de suelo residual.



Fuente: Autor

9. MORFODINAMICA

Teniendo en cuenta la densidad de movimientos en masa que se caracterizaron en la zona de trabajo (Tabla 3), se procede a diferenciar la Plancha en 3 localidades principales; La zona Este (E), la zona Centro (C), y la zona Oeste (W), correspondientes a la plancha 301 - Planadas basado en el Mapa 1:100.000 del IGAC 2005.

Tabla 6. Movimientos en masa determinados en campo de la Plancha 301 – Planadas.

X	Y	Z (m)	Tipo de Movimiento	Estilo y Distribución del Movimiento
3°9'17,7891"N	75°38'47,69222"W	1209	Reptación de Suelos	Sucesivo Ensanchado
3°13'0,14597"N	75°37'42,03158"W	1204	Deslizamiento Traslacional	Sucesivo Ensanchado
3°11'48,98426"N	75°36'24,36104"W	1559	Reptación de Suelos	Sucesivo Ensanchado
3°13'15,0826"N	75°38'25,30171"W	970	Deslizamiento Rotacional	Único Creciente
3°15'1,78051"N	75°36'44,37704"W	897	Caida de Roca	Complejo Ensanchado
3°16'11,59545"N	75°36'47,41353"W	856	Deslizamiento Rotacional	Múltiple Creciente
3°22'33,22538"N	75°36'26,5593"W	829	Deslizamiento Traslacional	Único Creciente
3°20'24,03148"N	75°37'16,2086"W	932	Deslizamiento Traslacional	Único Avanzado
3°14'15,40341"N	75°39'39,72226"W	1693	Deslizamiento Traslacional en cuña	Compuesto Creciente
3°15'4,20468"N	75°39'49,85198"W	1483	Deslizamiento Traslacional	Único Avanzado
3°16'29,73964"N	75°40'35,97016"W	1836	Deslizamiento en cuña	Único Creciente
3°17'1,64231"N	75°41'25,27549"W	2109	Deslizamiento Rotacional	Sucesivo Avanzado
3°16'40,04983"N	75°39'46,89607"W	1644	Deslizamiento Traslacional	Múltiple Ensanchado
3°17'51,5217"N	75°39'47,01852"W	1588	Deslizamiento Traslacional	Único Avanzado
3°19'47,73212"N	75°39'39,10794"W	1249	Deslizamiento Traslacional	Único Avanzado
3°20'40,47005"N	75°38'42,97266"W	1197	Deslizamiento Traslacional	Único Avanzado
3°12'14,51302"N	75°41'47,0196"W	2225	Deslizamiento Traslacional	Único Ensanchado
3°12'49,98486"N	75°42'30,65177"W	2089	Deslizamiento Traslacional	Compuesto Avanzado
3°14'28,27152"N	75°43'59,59789"W	2412	Deslizamiento	Sucesivo Creciente

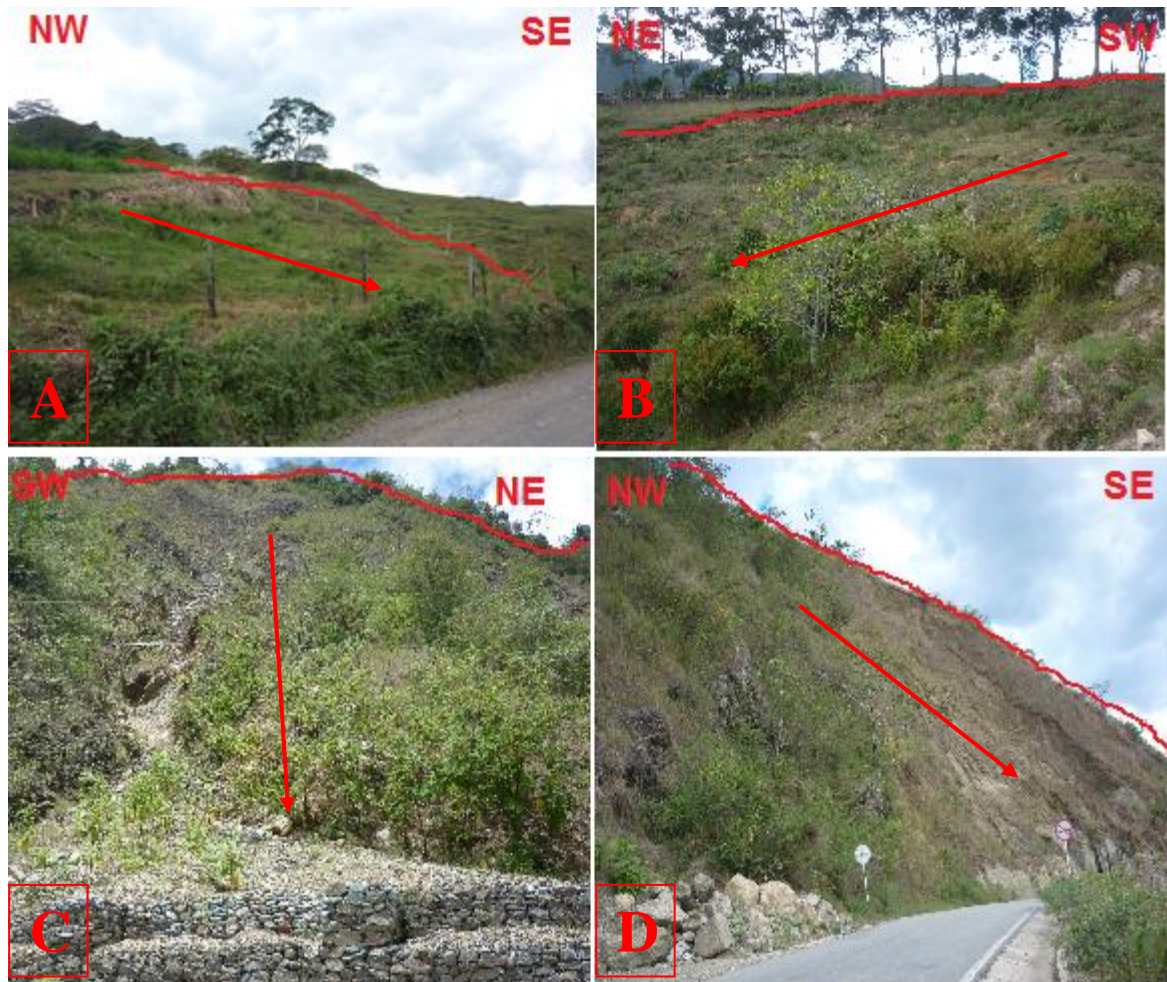
			Traslacional	
3°15'58,87141"N	75°44'15,53508"W	1752	Deslizamiento Traslacional	Único Avanzado
3°14'58,97223"N	75°51'3,96743"W	1789	Deslizamiento Traslacional	Único Ensanchado
3°20'38,92554"N	75°43'41,20584"W	1907	Deslizamiento Traslacional	Único Creciente
3°25'31,78854"N	75°43'44,38108"W	1320	Deslizamiento Traslacional	Sucesivo Creciente
3°24'35,37442"N	75°42'9,76211"W	916	Deslizamiento Traslacional	Único Ensanchado
3°26'14,88912"N	75°41'17,56788"W	842	Deslizamiento Traslacional	Único Avanzado
3°29'3,51152"N	75°39'31,27162"W	845	Deslizamiento Traslacional	Único Ensanchado
3°27'28,42828"N	75°44'21,75046"W	1666	Deslizamiento Traslacional	Único Avanzado
3°27'25,88524"N	75°34'32,97118"W	685	Deslizamiento Traslacional	Único Avanzado
3°11'10,04035"N	75°35'27,5943"W	1649	Deslizamiento Traslacional en cuña	Único Avanzado
3°10'48,96058"N	75°36'18,00596"W	1494	Deslizamiento Traslacional	Único Creciente

Fuente: Autor

Zona Este (E): Se tiene un 73% de la densidad de movimientos en masa teniendo en cuenta la cantidad de puntos que se caracterizaron. En esta zona se identificaron movimientos en masa de tipo reptación de suelos (ver figura 34a y 34b) , los cuales se encontraron sobre la Vía Gaitania – Planadas, sobre la vereda San Joaquin bajo; y sobre la vía Planadas – Aipe en la vereda Los Andes respectivamente, los cuales presentan material tierra, caracterizados por presentar un grado de humedad considerable debido al clima del sector, teniendo en cuenta que se encontró un alto grado de meteorización física y presento erosión de tipo laminar y en terracetas (pata de vaca). Predominantemente en este sector se identificaron movimientos de tipo Deslizamiento traslacional (ver figura 34c y 34d), los cuales se identificaron sobre la vía que comunica a Planadas con el municipio de Ataco, específicamente sobre las veredas Maquencial y vereda La Dorada respectivamente, caracterizados por tener un material tierra y distribuciones ensanchadas predominantemente, con algunos desplazamientos de detritos pero no en gran cantidad, se identificaron principalmente hacia la vía que comunica a

Planadas con el municipio de Ataco, por lo que algunos movimientos se originaron debido a la acción antrópica por la construcción de la vía, por lo que en temporadas de lluvia, se filtra el agua sobre los planos de fractura que se han activado por lo que existe un alto grado de que se genere una cantidad de pequeños movimientos en masa sobre este sector.

Figura 34. Deslizamientos Traslacionales característicos hacia la parte Este de la Plancha 301 - Planadas, movimientos de reptación de suelos.



Fuente: Autor

Zona Centro (C): Corresponde al 23% de los movimientos en masa que se observaron. En esta área se identificaron principalmente movimientos de remoción en masa de tipo Deslizamientos Traslacionales y Traslacionales en Cuña, con predominancia de material de tipo tierra y geológicamente ubicados sobre la

unidad Batolito de Ibagué la mayoría de los puntos, teniendo en cuenta que es una zona altamente fracturada por lo que se facilita la hidratación y por ende, se generan procesos de movimientos en masa. Geográficamente se localizaron los deslizamientos sobre la vía que comunica a Planadas con Bilbao, (Figura 35a y 35b) y sobre la vía que comunica a Herrera con Rioblanco (Figura 35c y 35d).

Figura 35. Deslizamientos Traslacionales característicos hacia la parte Centro de la Plancha 301 – Planadas.



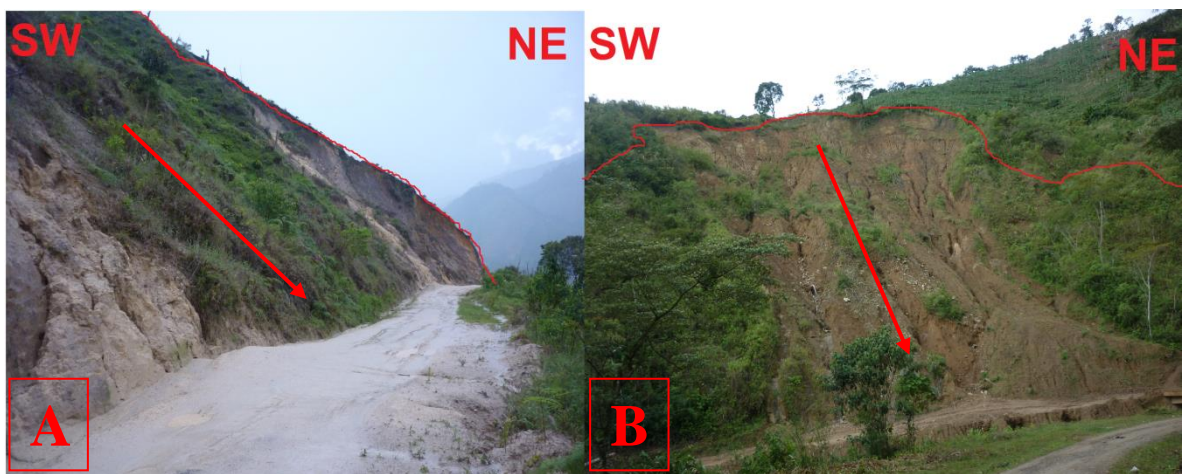
Fuente: Autor

Zona Oeste (W): Se determinó un 4% de la cantidad de movimientos en masa que se lograron identificar. En este sector predominaron deslizamientos de tipo traslacional, donde se denotaron principalmente erosión de tipo surcos y cárcavas, con predominio de material de tipo Tierra, donde se identificaron distribuciones

únicas y sucesivas, por lo que se caracteriza por presentar movimientos con cantidades espesas de material, por lo que tienen un alto grado de riesgo para el sector.

Los movimientos se tomaron sobre la vía que comunica a Herrera con el sector conocido como las delicias (Figura 36a) en la vereda Campo Hermoso, y sobre la vía que comunica a Planadas con Bilbao (Figura 36b) en la vereda la cristalina.

Figura 36. Deslizamientos Traslacionales característicos hacia la parte Oeste de la Plancha 301 – Planadas.



Fuente: Autor

9.1 INDICADORES ESTADÍSTICOS

Se muestra de forma porcentual, la distribución estadística de los diferentes puntos de deslizamientos que se tomaron en campo de la Plancha 301 - Planadas, con el fin de tener una visión regional y detallada del análisis de los puntos de movimientos de Remoción en Masa.

Donde se tuvo en cuenta clasificación del movimiento, cobertura del suelo, usos del suelo, las unidades geológicas donde se presentaron los procesos, causas principales del movimiento y tipo de erosión identificadas.

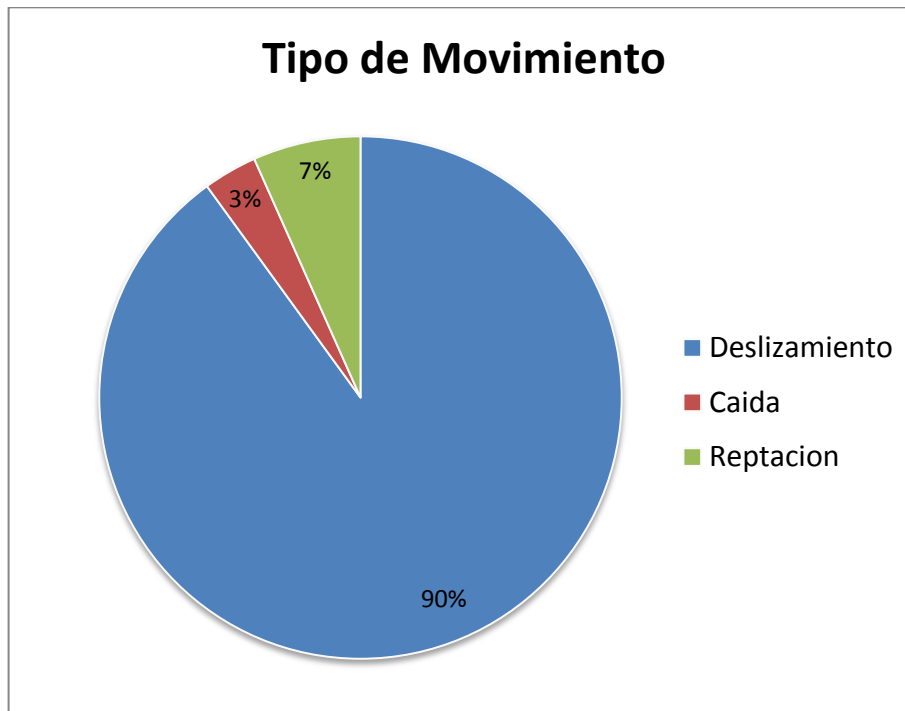
9.1.1 Clasificación del movimiento. Se presentó un predominio de movimientos de tipo deslizamiento con un 90% en casi la totalidad de la plancha, donde se resaltaron deslizamiento de tipo Traslacional en el área estudiada.

Tabla 7. Clasificación del movimiento

Tipo de Movimiento.	Cantidad	Porcentaje
Deslizamiento	27	90
Caida	1	3
Reptacion	2	7
	30	100

Fuente: Autor

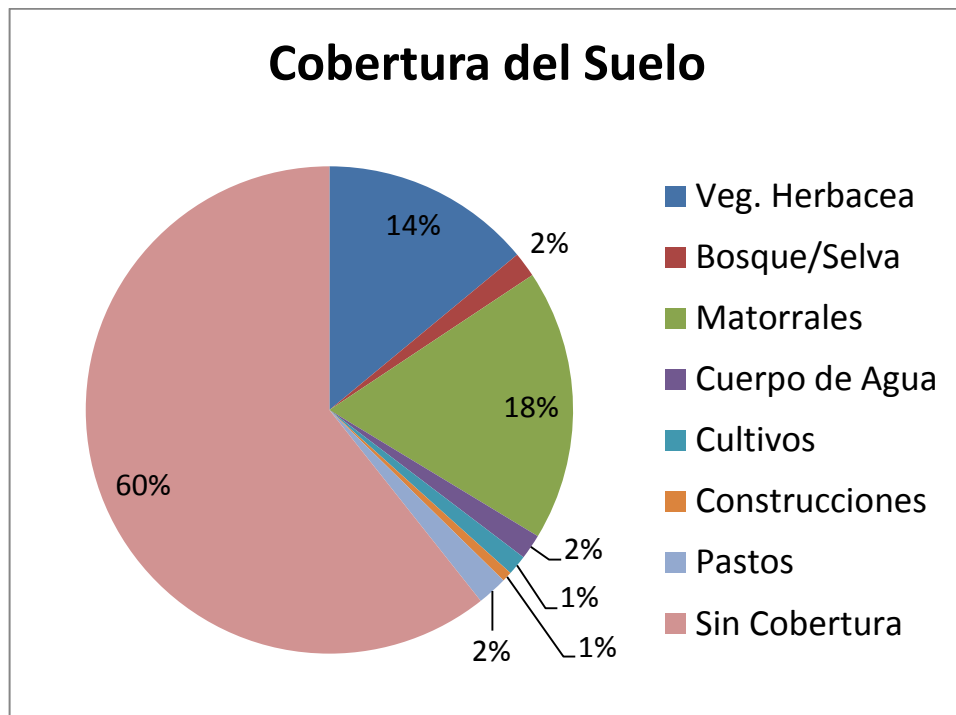
Figura 37. Muestra la densidad de población representada en porcentajes para cada Tipo de Movimiento.



Fuente: Autor

9.1.2 Cobertura del Suelo. Se identificó un 60% sin cobertura en las laderas afectadas, sin embargo se presentó un 18% de matorrales a causa de la vegetación presente en el sector, seguido de un 14% de vegetación herbácea presente.

Figura 38. Muestra la densidad de población representada en porcentajes de la Cobertura del Suelo en cada Movimiento.



Fuente: Autor

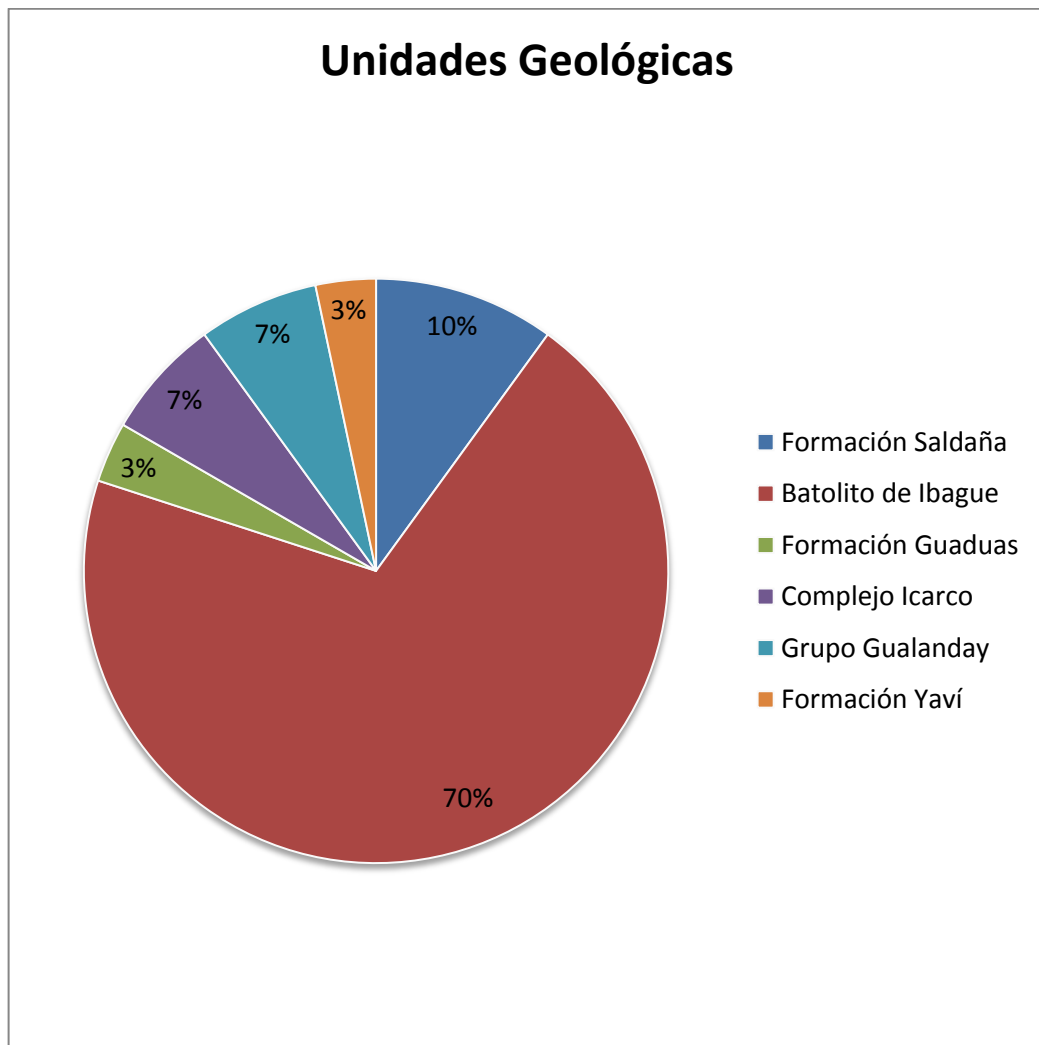
9.1.4 Formación Geológica. Se presenta en mayor proporción afectación sobre el Batolito de Ibagué, seguido de la Formación Saldaña y teniendo procesos considerables en unidades como el Complejo Icarco y el grupo Gualanday. Esto puede ser posible a causa de que el Batolito de Ibagué abarca un 75% de la Plancha, y a causa de creación de vías sobre materiales granodioríticos.

Tabla 8. Cantidad de procesos identificados en cada Formación geológica

Formación Geologica	Cantidad	Porcentaje
Formación Saldaña	3	10
Batolito de Ibague	21	70
Formación Guaduas	1	3
Complejo Icarco	2	7
Grupo Gualanday	2	7
Formación Yaví	1	3
	30	100

Fuente: Autor

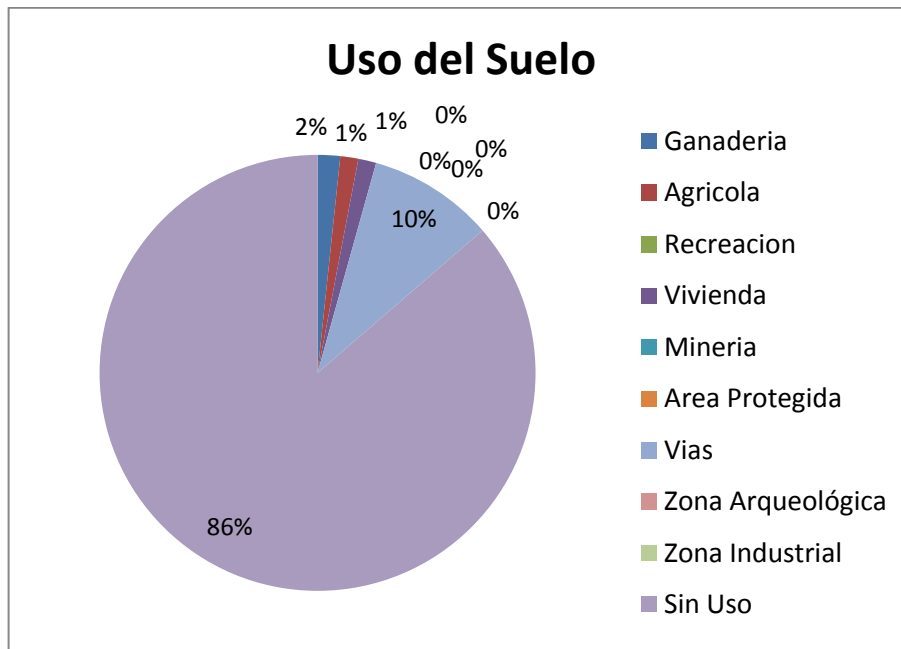
Figura 39. Muestra la densidad de población representada en porcentajes de las unidades geológicas



Fuente: Autor

9.1.3 Usos del Suelo. De acuerdo a los datos obtenidos, se determinó un 86% de área sin uso, seguido de un 10% aplicado principalmente a vías afectadas, por lo que nos da una visión regional del comportamiento de la geología y la geomorfología al entrar en contacto con detonantes, contribuyentes e inherentes que ocasionan los procesos.

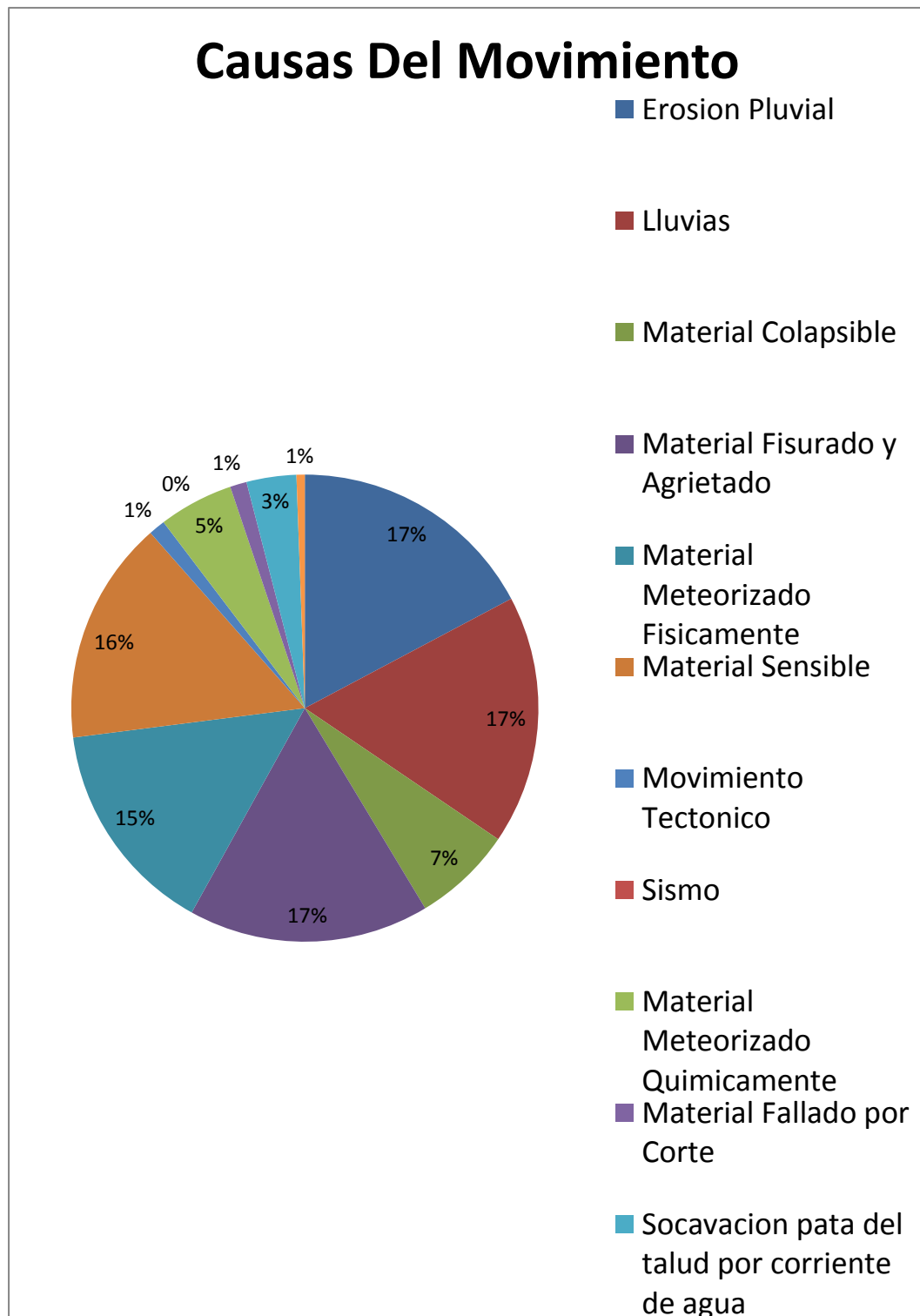
Figura 40. Muestra la densidad de población representada en porcentajes del Uso del Suelo en cada Movimiento.



Fuente. Autor

9.1.5 Causas del Movimiento. Se determinaron varias causas de los movimientos, aunque se presentó en mayor proporción como detonante lluvia principalmente, teniendo como contribuyentes principales el grado de meteorización física y química, aunque hacia la vía Planadas – Ataco se presentaban algunos procesos debido a material fallado por corte, tanto por reconstrucción de la vía, como por acción de la falla Santiago Pérez que ocasionan planos activos de ruptura ocasionando estos procesos.

Figura 41. Muestra la densidad población representada en porcentajes de las causas de cada Movimiento.



Fuente: Autor

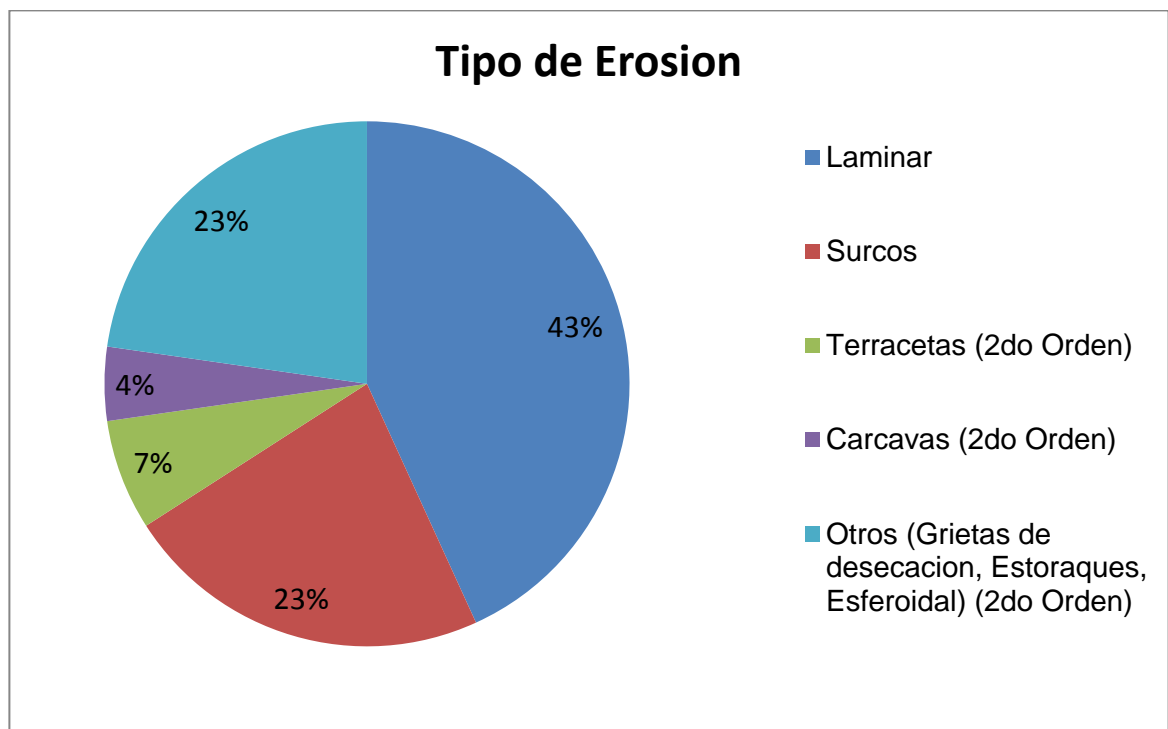
9.1.6 Tipo de Erosión. Con respecto a la erosión, se observó un predominio de erosión laminar y de erosión en surcos (ver figura 42), donde se resaltan con un porcentaje del 43% y 31% principalmente, por lo que caracteriza que es una zona con suelos de espesores variables.

Tabla 9. Tipo de Erosión

Tipo de Erosion	Cantidad	Porcentaje
Laminar	19	43
Surcos	10	23
Terracetas (2do Orden)	3	7
Carcavas (2do Orden)	2	4
Otros (Grietas de desecacion, Estoraques, Esferoidal) (2do Orden)	10	23
	44	100

Fuente: Autor

Figura 42. Muestra la densidad de población representada en porcentajes del Tipo de Erosión en cada Movimiento



Fuente: Autor

10. CONCLUSIONES

Este trabajo presenta el resultado de la observación de características del relieve que permitieron la definición de las unidades geomorfológicas propuestas en el mapa geomorfológico de la plancha 301-Planadas, a partir la estandarización de unidades geomorfológicas para escala 1:100000 del Glosario de Unidades y subunidades Geomorfológicas (SGC 2013). Algunas unidades no fue posible observarlas en campo debido a que no existían vías de acceso disponibles, pero se determinaron en SIG.

En total, se identificaron: 6 unidades denudacionales como Colina remanente disectada (Dcred), Colina remanente muy disectada (Dcremd), Cono de deslizamiento indiferenciado (Ddi), Lomeríos disectados (Dldi), Lomeríos poco disectados (Dlpd), Sierra denudada (Dsd), 6 unidades fluviales como: Cauce Aluvial (Fca), Planicie Aluvial Confinada (Fpac), Plano o llanura de inundación (Fpi), Terraza de acumulación (Fta), Terraza de acumulación antigua (Ftan), Escarpe de terraza de erosión (Ftee), 7 unidades de origen glacial como Circo Glacial y de Nivación (Gc), Espolón estructural glaciado (Gee), Flancos de valle Glacial (Gflv), Laguna Glacial (Glg), Morrenas de fondo (Gmf), Plano y cono de sobrelavado glacial (Gpcs) y Sierra Cristalina Glaciada (Gsg); y 10 unidades morfoestructurales como: Espolón faceteado (Sefc), Espolón (Ses), Faceta triangular (Sft), Ladera escalonada (Sles), Lomo de falla (Slf), Escarpe de línea de falla (Slfe), Sierra homoclinal (Ssh), Ladera de contrapendiente de sierra homoclinal (Sshlc), Ladera estructural de sierra homoclinal (Sshle) y Sierras y lomos de presión (Sslp).

Las geoformas presentes en la Plancha 301-Planadas son producto de procesos exógenos principalmente, caracterizados en cuatro ambientes Denudativo, Fluvial, Glacial y Estructural. Todos ellos identificados por ser de relieve bajo a alto. El

ambiente Denudativo representa el 37,77% de unidades identificadas en el área de estudio, identificadas sobre el margen Este de la Plancha. Del mismo modo, unidades Fluviales que representan el 0,8380% ya que se logran cartografiar a esta escala algunas subunidades resaltando algunos procesos de erosión y acumulación. Las unidades del ambiente Glacial representan el 18,69% del área total, localizada sobre el margen izquierdo de la Plancha, en las partes más allegadas al Nevado del Huila y al Parque Natural Nacional Las Hermosas, por lo que es característico encontrar este tipo de unidades sobre esta zona, y por último las unidades del ambiente Morfoestructural representa el 42,69% del área total, identificada sobre el centro y Este de la Plancha, a causa de la afectación de fallamientos y plegamientos característicos debido al levantamiento de la cordillera central.

En total se cartografiaron 30 movimientos en masa que se lograron identificar en campo con ayuda del trabajo previo realizado en oficina y la corroboración de campo teniendo en cuenta que cumplieran con los requisitos mínimos para la escala (50x50m), con los cuales se realizó un análisis por sectores que nos dieran una visión regional de las unidades geológicas y geomorfológicas afectadas y establecer posibles zonas con un alto grado de afectación, así mismo, el análisis estadístico permitió establecer un predominio de deslizamientos traslacionales y rotacionales, teniendo en cuenta la litología predominante en el área, erosión de tipo laminar predominantemente y causas variables, donde se resalta la lluvia como factor detonante en los procesos.

11.RECOMENDACIONES

- La subjetividad en la interpretación no permite la comparación con otros autores para ello, se recomienda seguir la estandarización propuesta en el Glosario Geomorfológico (SGC 2013).
- Se generalizan unidades discriminando características individuales (es decir que cambian de un lugar a otro) que modifican su comportamiento ante la ocurrencia de movimientos en masa. Esto es debido a la escala de trabajo, se recomienda hacer el mismo proceso a una escala más detallada.
- La evolución geomorfológica permite la predicción de amenaza por remoción en masa, por tal razón se recomienda para los sitios críticos realizar una propuesta de prospección y contingencia en un estudio similar a este a una escala más detallada.
- Actualizar de forma continua la base de datos SIMMA, que es el principal medio de información en cuanto a movimientos en masa, ya que constantemente ocurren procesos debido a cambios climatológicos, activación de fallas, efectos antrópicos, entre otros.

BIBLIOGRAFIA

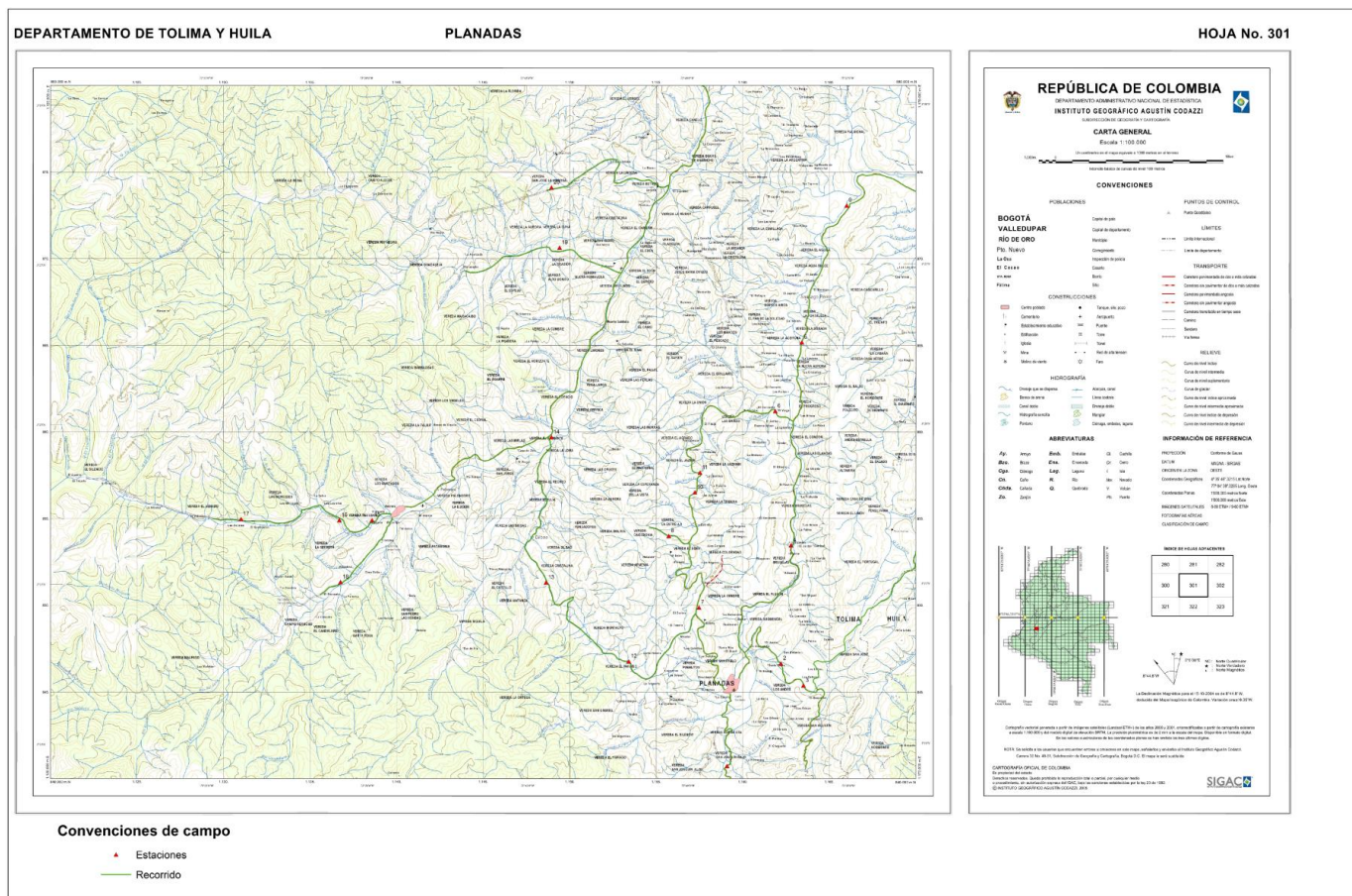
- ALVARADO, A., ALVARADO, C., ARÉVALO, L., BELLO, E., CALVACHE, M., LEYVA, O., ORTEGÓN, C., RUIZ, G., SANDOVAL, J., TREJOS, G., 2012. Documento metodológico de la zonificación de susceptibilidad y amenaza relativa por movimientos en masa escala 1:100.000, Bogotá D. C. Servicio geológico colombiano.
- CARVAJAL, J., 2002. Caracterización de la metodología geomorfológica adaptada por INGEOMINAS. Documento interno INGEOMINAS sometido a discusión y modificaciones. 13p. Bogotá. Colombia.
- CARVAJAL et al., 2003. Visión integral de la geomorfología Colombiana. Resumen poster. Memorias del IX Congreso Colombiano de Geología. Medellín. Colombia.
- CARVAJAL, J., 2003. Documentación detallada del modelo de datos para la faceta de geomorfología. Documento INGEOMINAS preliminar, sometido a discusión y modificaciones. 48p. Bogotá. Colombia.
- CARVAJAL, J., LEIVA, O., MOYA, H., TREJOS., G., 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. Servicio geológico colombiano, Bogotá D. C.
- CARVAJAL, J. 2012. Propuesta de estandarización de la cartografía geomorfológica en Colombia. Servicio Geológico Colombiano 83 p. Bogotá.

- CARVAJAL, J. 2012. Propuesta De Estandarización De La Cartografía Geomorfológica En Colombia. Servicio Geológico Colombiano 83 p. ISBN: 978-958-99528-2-5. Bogotá.
- Crozier, M.J., y Glade, T., 1999, Frequency and magnitude of landsliding: Fundamental research issues, en Memorias, International Conference on Geomorphology, Bologna, p. 141–155.
- Crozier, M.J., y Glade, T., 2005, Landslide hazard and risk: Issues, concepts and approach, en Glade, T., et al. ed., Landslide hazard and risk: Chichester, England, John Willey & Sons, p. 2–40.
- Cruden, D. M., 1991, A Simple definition of a landslide: Bulletin of the International Association of Engineering Geology, v. 43, p. 27–29.
- Cruden y Varnes (1996) Clasificación de movimientos en masa en 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, 2007 Capítulo 1. Numerale 1.2 Pág. 3-30 Colombia.
- Esquivel, J. Flores, D. y Núñez, A. Mapa geológico de la Plancha 301 Planadas, Colombia. Escala 1:100.000. INGEOMINAS. Bogotá.
- Formato Modificado Para El Inventario De Movimientos En Masa Vs 2012 y Formato Modificado para Catalogo de 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, capítulo 3 pág. 103.2007 Colombia

- Grupo de estándares para movimientos en masa – Gemma. Glosario de términos relacionados con movimientos en masa., 2005. Proyecto Multinacional Andino Geociencia para las Comunidades Andinas.
- Grupo de estándares para movimientos en masa (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 Capitulo 3 Pág. 87-104. Colombia
- Hartlen, j. y Viberg, L. 1988. General Report: evaluation of landslide hazard. Proc. Vth. ISL., Lausanne, 2, 1037-1057
- MONCAYO, J; Grupo Gemma; 2006. Inventario de Movimientos en Masa. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia.
- Núñez, A. y Flores, D. 1991. Geología de la Plancha 301 – Planadas, Memoria Explicativa. Escala 1:100.000. INGEOMINAS. Bogotá.
- SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO. 2012 Formato para la recolección de información sobre movimientos en masa, 2p. Servicio Geológico Colombiano. Bogotá-Colombia.
- SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO. 2013 Anexo A: Glosario de Unidades y Subunidades Geomorfológicas, 41p. Servicio Geológico Colombiano. Bogotá-Colombia.
- UIS. 2013. Tabla de recolección de datos de morfometría para la cartografía geomorfológica, Universidad Industrial de Santander.

ANEXO B. MAPA DE ESTACIONES Y RECORRIDOS DE CAMPO.

Figura 44. Mapa de recorridos y puntos de movimientos en masa.



Fuente: Autor

