

**CONTRIBUCIÓN A LOS ESTUDIOS DE GEOMORFOLOGÍA PARA LA  
ZONIFICACIÓN DE AMENAZA RELATIVA POR MOVIMIENTOS EN MASA EN  
LA PLANCHA 110-PAMPLONA (ESCALA 1:100.000), AL CENTRO-ORIENTE  
DEL MACIZO DE SANTANDER.**

**DIEGO YONATAN HERNÁNDEZ LANDINEZ**



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

**2014**

**CONTRIBUCIÓN A LOS ESTUDIOS DE GEOMORFOLOGÍA PARA LA  
ZONIFICACIÓN DE AMENAZA RELATIVA POR MOVIMIENTOS EN MASA EN  
LA PLANCHA 110-PAMPLONA (ESCALA 1:100.000), AL CENTRO-ORIENTE  
DEL MACIZO DE SANTANDER.**

**DIEGO YONATAN HERNÁNDEZ LANDINEZ**

**Proyecto de grado para optar al título de geólogo**

**DIRECTOR:**

**SAIT KHURAMA VELÁSQUEZ**

**MSc.GEOFISICA**

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

**2014**

---

## DEDICATORIA

*Hay muchas personas a las cuales quisiera dedicar este trabajo, porque han depositado su confianza en mí y han hecho esto posible. Son muchos los que durante mi formación personal y académica me dieron las herramientas necesarias para ser la persona que soy.*

*Sobre todas las cosas se lo dedico primeramente a Papá DIOS, nunca me desamparo en las situaciones difíciles; en los momentos que caí, por su voluntad y gracia me levante, cosechando grandes cosas y dejando una lección en mí vida, de que con Fé “Todo es Posible”.*

*Dedico con todo el corazón este triunfo a mi familia, ellos hicieron posible todo esto, gracias a su apoyo incondicional en los momentos de triunfos y derrotas.*

*A mis profesores por enseñarme los conocimientos necesarios para poder afrontar todas aquellas situaciones que surjan en mi vida como profesional.*

*Y finalmente a todos mis amigos y compañeros con los que he logrado compartir grandes momentos y siempre han estado ahí para brindarme su apoyo.*

## AGRADECIMIENTOS

*Agradezco a la universidad Industrial de Santander y a la Escuela de Geología por haberme acogido en sus aulas académicas, donde me fomentó la investigación y conocimiento científico a lo largo de estos años; al Servicio Geológico Colombiano por brindarnos la oportunidad de participar en este importante proyecto de investigación y por su atenta colaboración en cada etapa del desarrollo del mismo.*

*Al ilustre geólogo Sait Khurama Velázquez por su paciencia y compromiso en la dirección de la pasantía de investigación.*

*A los docentes de la escuela de geología UIS que hicieron parte de mi crecimiento como profesional y como persona.*

*A los evaluadores del proyecto los cuales ayudaron constantemente durante todo el proceso que este conlleva.*

*A los profesionales que durante los últimos años me han apoyado insistentemente y sin esperar nada a cambio Jorge Chaparro, William Duarte, Jorge Camargo, Edgar García y Joaquín Valencia.*

*A todos mis compañeros y amigos que durante estos 6 años me han acompañado y aportado conocimiento: Jorge Duarte, Jaime Guerrero, Oscar Romero, Oscar Forero, Ferney Hernández, Jesús Rincón, Edwin Díaz, Laura Rincón, Juan Reales, Ricardo Canchano, Ciro Raúl Sánchez, Laura Jaimes y a todos a los cuales han tenido el gusto de conocer.*

## CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
INTRODUCCIÓN	25
1 GENERALIDADES DEL PROYECTO	27
1.1 OBJETIVOS	27
1.1.1 Objetivo General	27
1.1.2 Objetivos Específicos	27
1.2 LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	28
1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	30
1.4 JUSTIFICACIÓN	32
1.5 INSUMOS	34
1.5.1 Insumos básicos	34
1.5.1.1 Modelo digital de elevación (DEM)	34
1.5.1.1.1 Mapa de sombras	34
1.5.1.1.2 Mapa de pendientes	35
1.5.1.2 Planchas cartografía básica IGAC 1:100.000	36
1.5.1.3 Sensores remotos	36
1.5.1.4 Fotografías aéreas	37
1.5.2 Insumos temáticos	37
1.5.2.1 Mapa geológico escala 1:100.000	37
1.5.2.2 Mapa de fallas escala 1:100.000	37
1.5.3 Formato de captura de datos	38
1.5.3.1 Formato de recolección de datos de morfometría para cartografía geomorfológica	38
1.5.3.2 Formato de catálogo e inventario de movimientos en masa (MM)	39
1.6 METODOLOGÍA	40

1.6.1	FASE 1: Trabajo de oficina, gestión técnica y diseño.	40
1.6.2	FASE 2: Adquisición y validación de datos (Trabajo de Campo).	43
1.6.3	FASE 3: Procesamiento y reinterpretación de la información.	44
1.6.4	FASE 4: Generación de mapas e informes.	45
2	MARCO TEORICO	47
2.1	GEOMORFOLOGÍA	47
2.2	JERARQUIZACIÓN GEOMORFOLÓGICA	50
2.3	MAPA GEOMORFOLÓGICO	54
2.3.1	Atributos mapa geomorfológico	55
2.4	PROCESOS MORFODINÁMICOS	60
2.4.1	Movimientos en masa	62
2.4.1.1	Tipos de movimiento	62
2.5	METODOLOGIA HEURISTICA	74
2.5.1	Proceso de análisis jerárquico (ahp)	74
3	GENERALIDADES	75
3.1	GEOLOGÍA REGIONAL PLANCHA 110-PAMPLONA	75
3.1.1	Estratigrafía	76
3.1.2	Geología estructural	83
3.1.2.1	Área occidental	84
3.1.2.2	Área Oriental	85
3.1.2.3	Área Central	87
3.2	CARACTERISTICAS CLIMATOLOGICAS DE LA PLANCHA 110-PAMPLONA	88
4	ANTECEDENTES	90
5	RESULTADOS	96
5.1	GEOMORFOLOGÍA PLANCHA 110-PAMPLONA	96
5.2	UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS	98

5.2.1	Geoformas de origen morfoestructural	98
5.2.1.1	Cerro estructural (Sce)	99
5.2.1.2	Espolón faceteado (Sefc)	100
5.2.1.3	Espolón festoneado (Sefes)	101
5.2.1.4	Espolón (Ses)	103
5.2.1.5	Faceta triangular (Sft)	104
5.2.1.6	Gancho de flexión (Sgf)	105
5.2.1.7	Ladera escalonada (Sles)	106
5.2.1.8	Lomo de falla (Slf)	107
5.2.1.9	Escarpe de línea de falla (Slfe)	108
5.2.1.10	Lomo de obturación (Lmo)	109
5.2.1.11	Meseta estructural (Sm)	111
5.2.1.12	Escarpe de meseta (Sme)	112
5.2.1.13	Sierra anticlinal (Ssan)	112
5.2.1.14	Sierra homoclinal (Ssh)	114
5.2.1.15	Ladera de contrapendiente de sierra homoclinal (Sshlc)	115
5.2.1.16	Ladera estructural de sierra homoclinal (Sshle)	117
5.2.1.17	Sierra y lomos de presión (Sslp)	119
5.2.1.18	Sierra sinclinal (Sss)	120
5.2.1.19	Ladera de contrapendiente de sierra sinclinal (Ssslc)	120
5.2.1.20	Ladera estructural de sierra sinclinal (Sssle)	122
5.2.1.21	Plano aluvial confinado (Svc)	123
5.2.2	Geoformas de origen denudacional	124
5.2.2.1	Cono y lóbulo coluvial y de solifluxión (Dco)	124
5.2.2.2	Escarpe de erosión mayor (Deem)	127
5.2.2.3	Escarpe faceteado (Def)	127
5.2.2.4	Sierra Denudada (Dsd)	128
5.2.2.5	Terrazas sobreelevadas “colgadas” (Dts)	129
5.2.3	Geoformas de origen fluvial	130
5.2.3.1	Abanico Fluviotorrencial (Faa)	130

5.2.3.2	Conos de deyección (Fcdy)	132
5.2.3.3	Escarpe de abanico fluvial (Fea)	133
5.2.3.4	Planicie aluvial confinada (Fpac)	134
5.2.3.5	Plano o llanura de inundación (Fpi)	134
5.2.3.6	Escarpe de terraza de acumulación (Ftae)	135
5.2.3.7	Terraza de acumulación antigua (Ftan)	136
5.2.3.8	Terraza de acumulación subreciente (Ftas)	136
5.2.4	Geoformas de origen glacial	137
5.2.4.1	Circo glacial y de nivación (Gc)	138
5.2.4.2	Cuesta estructural glaciada (Gce)	139
5.2.4.3	Conos glaciofluviales (Gcgf)	139
5.2.4.4	Cono y lóbulo de gelifracción (Gclg)	140
5.2.4.5	Espolón estructural glaciado (Gee)	141
5.2.4.6	Flancos de valle glacial (Gflv)	142
5.2.4.7	Laguna glacial (Glg)	143
5.2.4.8	Morrena de fondo (Gmf)	144
5.2.4.9	Morrena lateral (Gml)	144
5.2.4.10	Morrena terminal (Gmt)	145
5.2.4.11	Plano y cono de sobrelavado glacial (Gpcs)	146
5.2.4.12	Plano glaciolacustrino (Gpgl)	147
5.2.4.13	Ladera estructural sierra anticlinal glaciada (Gsale)	148
5.2.4.14	Sierra glaciada (Gsg)	149
5.2.4.15	Sierra homoclinal glacial (Gshg)	150
5.2.4.16	Ladera en contrapendiente de sierra homoclinal glaciada (Gshlc)	150
5.2.4.17	Ladera estructural de sierra homoclinal glaciada (Gshle)	151
5.3	INVENTARIO DE MOVIMIENTOS EN MASA PLANCHA 110- PAMPLONA	153
5.3.1	Análisis por sectores	153
5.3.1.1	Departamento de Santander.	155
5.3.1.1.1	Municipio de Charta.	155

5.3.1.1.2	Municipio de Surata	159
5.3.1.1.3	Municipio de California.	162
5.3.1.1.4	Municipio de Vetas y Tona.	165
5.3.1.2	Departamento de Norte de Santander.	168
5.3.1.2.1	Municipio de Mutiscua.	169
5.3.1.2.2	Municipio de Pamplona y Pamplonita.	171
5.3.1.2.3	Municipio de Cacota.	175
5.3.1.2.4	Municipio de Chitagá.	177
5.3.1.2.5	Municipio de Silos.	179
5.3.1.2.6	Carretera que Comunica al Municipio de Pamplona con el Municipio de Cucutilla.	182
5.3.2	Indicadores Estadísticos Morfodinámicos	185
5.3.2.1	Estado-Estilo-Distribución	186
5.3.2.2	Tipo de Movimiento	188
5.3.2.3	Unidad Geológica	189
5.3.2.4	Material Involucrado	190
5.3.2.5	Causas del Movimiento	190
5.3.2.6	Tipos de Erosión-Estado	191
5.3.2.7	Cobertura y Uso de Suelo	192
5.3.2.8	Movimientos en Masa por Municipios	194
6	CONCLUSIONES	195
7	RECOMENDACIONES	198
	BIBLIOGRAFIA	199
	ANEXOS	204

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Mapa de localización de la plancha 110-Pamplona en el departamento de Norte de Santander, en Colombia.	29
Figura 2. Esquema metodología de trabajo.	40
Figura 3. Esquema metodología Fase 1.	42
Figura 4. Flujograma de proceso metodológico seguido para la elaboración de los mapas geomorfológicos escala 1: 100.000.	46
Figura 5. Esquema de ambientes morfogenéticos.	48
Figura 6. Esquema de jerarquización geomorfológica.	50
Figura 7. Jerarquización geomorfológica y su caracterización.	53
Figura 8. Patrones de drenaje.	59
Figura 9. Interacción de las geoformas a diferentes escalas de estudio con los procesos endógenos y exógenos	61
Figura 10. Tipo y subtipo de movimientos en masa.	63
Figura 11. Esquema de caída de rocas.	64
Figura 12. Esquema de Volcamiento.	65
Figura 13. Esquema de deslizamiento rotacional y sus partes.	66
Figura 14. Esquema de deslizamiento Traslacional.	67
Figura 15. Esquema deslizamiento Rotacional.	68
Figura 16. Esquemas de Propagación Lateral.	69
Figura 17. Esquemas de Flujos.	70
Figura 18. Esquema de Reptación.	72
Figura 19. Esquemas donde se muestra cada tipo y subtipo de movimiento en masa (MM).	73
Figura 20. Porcentaje de ocurrencia de movimientos de remoción en masa por décadas, Santander.	92

Figura 21. Porcentaje de ocurrencia de movimientos de remoción en masa por décadas, Norte de Santander.	92
Figura 22. Panorámica Cerro estructural (Sce), vereda Gramalotico, municipio de Surata, departamento de Santander.	100
Figura 23. Panorámica Espolón faceteado (Sefc), donde se puede observar el desarrollo de facetas triangulares, vereda Pirgua, municipio de Tona, departamento de Santander.	101
Figura 24. Panorámica espolón faceteado (Sefes), tomadas desde las veredas a) San Miguel del municipio de Pamplona, departamento Norte de Santander y b) Gramalotico del municipio de Surata, departamento de Santander.	102
Figura 25. Panorámica espolón (Ses): a) Panorámica NW-SE, vereda Tablanca, municipio de Surata, departamento de Santander; b) panorámica N-S, vereda Sabagua, municipio de Pamplona, departamento de Norte de Santander.	104
Figura 26. Panorámica W-E gancho de flexión (Sgf), con su forma en gancho y disectada, vereda la Copa, municipio de Cacota, departamento de Norte de Santander.	106
Figura 27. Panorámica ladera escalonada (Sles), se observa la morfología característica de escalones y presenta procesos erosivos moderados. Vista tomada desde la carretera Pamplona-Cucutilla, departamento de Norte de Santander.	107
Figura 28. Panorámica Lomo de falla (Slf), sector conocido como la Lejía del municipio de Pamplona, departamento de Norte de Santander.	108
Figura 29. Panorámica escarpe de línea de falla (Slfe), vista tomada desde la vereda Tutera, municipio de Silos, departamento de Norte de Santander.	109
Figura 30. Panorámica lomo de obturación (Lmo), se observa el aprovechamiento del suelo en actividades agrícolas y ganaderas, vereda Alcaparral, municipio de Silos, departamento de Norte de Santander.	110
Figura 31. Panorámica meseta estructural (Sm), de longitud considerable, sin procesos denudativos como movimientos en masa, vereda Caraba, municipio de Silos, departamento de Norte de Santander.	111

- Figura 32. Panorámica escarpe de meseta (Sme), donde se observa fuertes procesos disectivos, Vereda Caraba, municipio de Silos, departamento de Norte de Santander. 112
- Figura 33. Panorámica, sierra anticlinal (Ssan), entre las veredas La Higuera, San Agustín y La Aradita, del municipio de Mutiscua, departamento de Norte de Santander. 113
- Figura 34. Panorámica sierra homoclinal (Ssh), municipio de Silos, departamento de Norte de Santander. 115
- Figura 35. Panorámica ladera contrapendiente de sierra homoclinal (Sshlc) tomada desde: a) Panorámica sobre la cual yace el municipio de Surata, departamento de Santander. b) Vía que comunica al municipio de Pamplona con el municipio de Cucutilla, departamento de Norte de Santander. 117
- Figura 36. Panorámica ladera estructural de sierra homoclinal (Sshle), municipio de Pamplona, departamento de Norte de Santander. 118
- Figura 37. Panorámica sierras y lomos de presión (Sslp). Vista tomadas desde; a) vereda Pitones municipio de Tona, departamento de Santander y b) vereda el Gramal municipio de Tona, departamento de Santander. 119
- Figura 38. Panorámica ladera de contrapendiente de sierra sinclinal (Ssslc), donde se observa procesos denudativos asociados. a) Vista tomada desde la carretera que conduce del municipio de Pamplona al municipio de Chitagá, departamento de Norte de Santander; b) imagen tomada de Google Earth. 121
- Figura 39. Panorámica ladera estructural de sierra sinclinal (Sssle). Imagen tomada de Google Earth, sector conocido Santa Isabel, municipio de Pamplona, departamento de Norte de Santander, asociado al sinclinal de Pamplonita. 123
- Figura 40. Plano aluvial confinado (Svc), municipio de Pamplona, Norte de Santander. 124
- Figura 41. Panorámica cono y lóbulo coluvial y de soliflucción (Dco), se observa el desarrollo de asentamiento humanos sobre estos. a) Corregimiento de Bábega, municipio de Silos, departamento de Norte de Santander; b) Municipio de Cócota, departamento de Norte de Santander. 126

Figura 42. Escarpe faceteado (Def), se observa muy disectado y con algunos movimientos en masa, vereda Bata del municipio de Silos, departamento de Norte de Santander.	128
Figura 43. Panorámica sierra denudada (Dsd), tomadas desde: a) vía que conduce del municipio de Pamplona con el municipio de Chitagá, departamento de Norte de Santander; b) Tomado de Google Earth.	129
Figura 44. Panorámica abanico Fluviotorrencial (Faa), vista tomada desde la carretera que comunica al municipio de Chitagá con el Municipio de Silos, departamento de Norte de Santander.	131
Figura 45. Panorámica conos de deyección (Fcdy), quebrada San Rafael, vereda las Peñas, municipio de Pamplona, departamento de Norte de Santander.	132
Figura 46. Panorámica escarpe de abanico fluvial (Fea), vereda Llano Grande, municipio de Chitagá, departamento de Norte de Santander.	133
Figura 47. Panorámica plano o llanura de inundación (Fpi), sector del municipio de Chitagá, departamento de Norte de Santander.	135
Figura 48. Panorámica terraza de acumulación subreciente (Ftas), donde yace el municipio de Tona. Vista tomada desde la vereda Pitones, municipio de Tona, departamento de Santander.	137
Figura 49. Panorámica circo glacial y de nivación (Gc), vereda el Salado del municipio de Vetas, departamento de Santander.	138
Figura 50. Panorámica conos glaciofluviales (Gcgf), vereda Carrizal del municipio de Cucutilla, departamento de Norte de Santander.	140
Figura 51. Panorámica espolón estructural glaciado (Gee), vereda las Hermosas del municipio de Vetas, departamento de Santander.	141
Figura 53. Panorámica laguna glacial (Glg), vereda el Salado del municipio de Vetas, departamento de Santander.	143
Figura 54. Características deposito morrena lateral (Gml), localizadas sobre el costado oeste del depósito La Lejía del municipio de Pamplona, departamento de Norte de Santander.	145

Figura 55. Panorámica morrena terminal al NNW del Depósito La Lejía del municipio de Pamplona, departamento de Norte de Santander.	146
Figura 56. Panorámica plano glaciolacustrino (Gppl). Vista tomada desde la vía que conduce del municipio de Pamplona al municipio de Labateca, sector la Lejía del municipio de Pamplona, departamento de Norte de Santander.	147
Figura 57. Panorámica ladera estructural sierra anticlinal glaciada (Gsale), sector Puente Nacional, municipio de Tona, departamento de Santander.	148
Figura 58. Panorámica sierra glaciada (Gsg), vereda Ortegón del municipio de Vetas, departamento de Santander.	149
Figura 59. Panorámica ladera contrapendiente de sierra homoclinal glaciada (Gshlc), corregimiento de Berlín del municipio de Tona, departamento de Santander.	151
Figura 60. Panorámica ladera estructural de sierra homoclinal glaciada (Gshle), vereda Saladito del corregimiento de Berlín, departamento de Santander.	152
Figura 61. Movimiento traslacional planar que cobro la vida de una persona y de su bestia (caballo) en la vereda La Rinconada del municipio de Charta, departamento de Santander.	156
Figura 62. Flujo de detritos que afecto pastos utilizados en ganadería, vereda La Rinconada, del municipio de Charta, departamento de Santander.	157
Figura 63. Deslizamiento rotacional, vereda La Cristalina del municipio de Charta, departamento de Santander. Se vieron afectados potreros y pastos; se observa escalonamiento.	157
Figura 64. Reptación de suelo, vereda Centro del municipio de Charta, departamento de Santander. Se evidencia la inclinación de cercas y árboles.	158
Figura 65. Movimiento complejo entre Flujo de detritos y deslizamiento traslacional conocido como volcán amarillo vereda Centro; su amenaza es alta sobre el municipio de Charta, departamento de Santander	159
Figura 66. Deslizamiento rotacional sobre el Casco Urbano del municipio de Surata, departamento de Santander. Se observa el gran impacto que ha tenido sobre la infraestructura presente en la zona.	161

- Figura 67. Deslizamiento rotacional en el Casco Urbano del municipio de Surata, departamento de Santander. Se observan obras de mitigación (muros de contención) y erosión en terracetas (pata de vaca). 161
- Figura 68. Flujo de tierra, se observa la morfología del movimiento y el material presente en el área, municipio de Charta, departamento de Santander. 162
- Figura 69. Deslizamiento traslacional planar, municipio de California, departamento de Santander. Donde se observa obras de mitigación y el material constituyente. 163
- Figura 70. Deslizamiento traslacional, municipio de California, departamento de Santander. Donde se observa que las obras de mitigación han sido insuficientes e ineficaces, carretera que comunica a California con Vetas 164
- Figura 71. Movimiento complejo, deslizamiento traslacional planar con caída de roca. Afectación de la carretera que comunica al municipio de California con el municipio de Surata 165
- Figura 72. Movimiento complejo, deslizamiento traslacional y caída de roca; se observa erosión en surcos, municipio de Vetas, departamento de Santander 166
- Figura 73. Deslizamiento traslacional con caída de roca, afectación sobre el corredor vial entre el municipio de Tona con el municipio de Bucaramanga 167
- Figura 74. Deslizamiento rotacional con amplia afectación en la finca Yotuel y la carretera que comunica al municipio de Tona con el corregimiento de Berlín. 168
- Figura 75. Deslizamiento traslacional donde se observa algunos escarpes y los daños generados sobre los viviendas, municipio de Mutiscua, departamento de Norte de Santander. 170
- Figura 76. Deslizamiento traslacional planar, antigua cantera de extracción de material para relleno, municipio de Mutiscua, departamento de Norte de Santander. 170
- Figura 77. Movimiento compuesto, deslizamiento traslacional con caída de roca; se observa los problemas de humedad, ubicado en el corredor vial que comunica al municipio de Pamplonita con el municipio de Cúcuta. 172

- Figura 78. Deslizamiento traslacional en la carretera que comunica al municipio de Pamplona con el Municipio de Cucutilla, se observa erosión en surcos, departamento de Norte de Santander 173
- Figura 79. Flujo de detritos donde se observa como el material transportado tiene un alcance importante respecto al punto de donde se originó, vereda Ulaga del municipio de Pamplona, departamento de Norte de Santander 174
- Figura 80. Deslizamiento rotacional sobre la carretera que conduce del municipio de Pamplona al municipio de Cúcuta, departamento de Norte de Santander 175
- Figura 81. Movimiento compuesto, flujo de detritos y caída de rocas, corredor vial entre el municipio de Pamplona con el municipio de Chitagá, departamento de Norte de Santander 176
- Figura 82. Deslizamiento traslacional planar, se observa erosión en surcos afectando al material expuesto, municipio de Cacota, departamento de Norte de Santander. 177
- Figura 83. Deslizamiento traslacional, panorámica del movimiento y acercamiento que muestra la incidencia que está teniendo sobre la carretera que comunica al municipio de Chitagá con el municipio de Silos, departamento de Norte de Santander 178
- Figura 84. Deslizamiento rotacional, se observa el peligro latente sobre la vivienda hacia la parte superior y la posibilidad de obstrucción de la quebrada Agua Sucia hacia la base y generarse posteriormente represamiento, municipio de Chitagá, departamento de Norte de Santander 179
- Figura 85. Deslizamientos traslacionales, uno de ellos con caída de roca (Derecha). Este tipo de movimiento es evidente en todo el trayecto de la carretera que comunica al municipio de Chitagá con el municipio de Silos, lo que hace prioritario su intervención con obras que puedan mitigar la posibilidad de afectación de este corredor vial 181
- Figura 86. Deslizamiento traslacional que género algo de represamiento y avalancha sobre la quebrada Mira Cielo, se observa la destrucción de mangueras

utilizadas en cultivos, corregimiento de Bábega, departamento de Norte de Santander	182
Figura 87. Deslizamiento traslacional con caída de roca, sus dimensiones no supera los 200 m de ancho por 200 m de longitud total, su afectación sobre la carretera es alta y se observa como agentes externos han generado erosión en surcos en el material que lo compone, municipio de Cucutilla, departamento de Norte de Santander	184
Figura 88. Deslizamientos traslacionales en la carretera que conduce del municipio de Pamplona con el Municipio de Cucutilla. Hacia la parte superior se observa una panorámica que muestra la presencia de enjambre de movimientos en la zona	185
Figura 89. Estado de los movimientos	186
Figura 90. Estilo de los movimientos.	187
Figura 91. Distribución de los movimientos.	187
Figura 92. Tipos de movimientos.	188
Figura 93. Unidad geológica.	189
Figura 94. Material involucrado.	190
Figura 95. Causas del movimiento.	191
Figura 96. Tipos de erosión	192
Figura 97. Estado	192
Figura 98. Cobertura de suelo.	193
Figura 99. Uso de suelo.	193
Figura 100. Movimientos en masa por municipios.	194

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Rangos de pendientes para estudios geomorfológicos, propuesto por Carvajal (2008).	35
Tabla 2. Rangos de contraste de relieve o relieve relativo.	55
Tabla 3. Rangos de inclinación de la ladera.	56
Tabla 4. Longitud de ladera.	57
Tabla 5. Forma de la ladera.	58
Tabla 6. Tabla que muestra las unidades geológicas presentes en la plancha 110-Pamplona.	76
Tabla 7. Datos de movimientos de remoción en masa ocurridos desde 1951-2012 (Santander) y 1927-2012 (Norte de Santander), fuente de datos SIMMA (Sistemas de información de movimientos en masa).	91
Tabla 9. Base de datos de los movimientos encontrados en la plancha 110-Pamplona, con su ubicación geográfica y códigos de registro SIMMA.	154

## LISTA DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
ANEXO A: MAPA DE SOMBRAS PLANCHA 110-PAMPLONA, ESCALA 1:100.000	205
ANEXO B: MAPA DE PENDIENTES PLANCHA 110-PAMPLONA, ESCALA 1:100.000	207
ANEXO C: MAPA TOPOGRAFICO PLANCHA 110-PAMPLONA, ESCALA 1:100.000	209
ANEXO D: IMAGEN DE SATELITE PLANCHA 110-PAMPLONA	211
ANEXO E: MAPA GEOLOGICO PLANCHA 110-PAMPLONA, ESCALA 1:100.000	213
ANEXO F: FORMATO GEOMORFOLOGIA	215
ANEXO G: FORMATOS SIMMA	217
ANEXO H: MAPA AMBIENTES MORFOGENETICOS PLANCHA 110-PAMPLONA, ESCALA 1:100.000	221
ANEXO I: MAPA GEOMORFOLOGIA PLANCA 110-PAMPLONA, ESCALA 1:100.000	223
ANEXO J: MAPAS DE ESTACIONES Y RECORRIDOS DE CAMPO PLANCHA 110-PAMPLONA, ESCALA 1:100.000	225
ANEXO K: MAPA DE ESTACIONES Y RECORRIDOS PARA CATALOGO HISTÓRICO E INVENTARIO SIMMA PLANCHA 110-PAMPLONA, ESCALA 1:100.000	227

## RESUMEN

**TITULO: CONTRIBUCIÓN A LOS ESTUDIOS DE GEOMORFOLOGÍA PARA LA ZONIFICACIÓN DE AMENAZA RELATIVA POR MOVIMIENTOS EN MASA EN LA PLANCHA 110-PAMPLONA (ESCALA 1:100.000), AL CENTRO-ORIENTE DEL MACIZO DE SANTANDER\***

**AUTOR: DIEGO YONATAN HERNÁNDEZ LANDINEZ\*\***

**PALBRAS CLAVE:** Geomorfología, Ambiente Geomorfológico, Unidad Geomorfológica, Morfogénesis, Morfodinámica, Movimientos en Masa.

### **DESCRIPCIÓN:**

La superficie de la tierra está constituida por multitud de formas diferentes que interpretadas adecuadamente pueden ser clasificadas de manera coherente. El presente informe contiene un análisis de los parámetros morfogénesis y morfodinámica aplicados en los estudios geomorfológicos. Apoyados en la interpretación e integración de insumos básicos y temáticos, como parte del convenio institucional 009/13 firmado entre la Universidad Industrial de Santander (UIS) y el Servicio Geológico Colombiano (SGC), para realizar los mapas de zonificación de la susceptibilidad y amenaza relativa por movimientos en masa a escala 1:100.000, con sus respectivas memorias.

La pasantía de investigación se realizó para el área comprendida por la plancha 110-Pamplona, ubicada en los departamentos de Norte de Santander y Santander, geográficamente en el sector nororiental del territorio colombiano, sobre el Macizo de Santander de la cordillera oriental. Expone un relieve montañoso caracterizado por presentar valles profundos debido a la fuerte incisión de las corrientes de agua, picos erosionados y depósitos heterogéneos producto de la influencia de ambientes periglacial y glacial, con laderas escarpadas a muy escarpadas. Donde se ejecutaron diferentes actividades encaminadas a satisfacer cada una de los parámetros involucrados, siguiendo los lineamientos sugeridos en la Propuesta Metodológica Sistemática para la Generación de Mapas Geomorfológicos Analíticos Aplicados a la Zonificación de Amenaza por Movimientos en Masa Escala 1:100.000 (SGC).

Para el parámetro morfogénesis se identificaron 4 ambientes geomorfológicos (Denudacional, Estructural, Fluvial y Glacial), compuestos por 51 unidades, con predominio del ambiente estructural (60,14%) y glacial (25,57%). En el parámetro morfodinámica se identificaron 51 movimientos de diferente tipo. Donde municipios como Surata (12%), Pamplona (11%) y Mutiscua (11%), presentaron mayores problemas a inestabilidad del terreno.

La elaboración de este tipo de investigación responde a la necesidad a nivel nacional de generar estudios a escalas adecuadas como base fundamental en la planificación del ordenamiento territorial de muchas zonas de nuestro país.

---

\*Proyecto de Grado. Modalidad: Pasantía de Investigación.

\*\*Facultad de Ingenierías Físicoquímicas. Escuela de Geología. Director: Sait K. Velázquez.

## ABSTRACT

**TITLE: CONTRIBUTION TO THE STUDY OF GEOMORPHOLOGY THREAT TO THE ZONING BY MASS MOVEMENT ON THE TOPOGRAPHIC SHEET 110 – PAMPLONA (1:100,000 SCALE), CENTRAL – EAST SANTANDER MASSIF.**

**AUTHOR:** DIEGO YONATAN HERNÁNDEZ LANDINEZ\*\*

**KEYWORDS:** Geomorphology, Geomorphology Enviroment, Geomorphology Units Morphogenesis, Morphodynamics, Mass Movement.

### DESCRIPTION:

The surface of the earth is made up of many different shapes that can be interpreted properly and classified consistently. This report contains an analysis of morphogenesis and morphodynamic parameters applied in geomorphological studies. Supported by the interpretation and integration of basic and thematic attributes as a part of the institutional agreement 009 /13 signed by the Universidad Industrial de Santander (UIS) y el Servicio Geológico Colombiano (S.G.C.) to zoning maps and threat susceptibility by mass movements on a scale of 1:100,000 , with their memories.

The research internship was made for the area covered by the topographic sheet 110- Pamplona, located in the departments of Santander and Norte de Santander, geographically in the northeastern sector of Colombia , on the Santander Massif of the Cordillera Oriental. Exhibit a mountainous terrain characterized by deep valleys present due to strong incision of streams, eroded peaks and heterogeneous deposits product of the influence of periglacial and glacial environments with steep slopes to very steep . Where different activities was made to each of the parameters involved , following the guidelines suggested in the “Propuesta Metodológica Sistemática para la generación de mapas geomorfológicos analíticos aplicados a la zonificación de amenaza por movimientos en masa escala 1:100.000 (S.G.C)”

For morphogenesis parameter were identified 4 geomorphological environments ( Denudacional Structural Fluvial and Glacial ) , composed of 51 units, predominantly structural environment ( 60.14 % ) and glacial ( 25.57% ). In the morphodynamic parameter were identified 51 mass movements of different types. Where as Surata towns ( 12 % ), Pamplona ( 11% ) and Mutiscua ( 11% ), had higher ground instability problems.

The development of this research responds to the need to generate nationally appropriate studies as a fundamental basis for the planning of many areas of our country.

---

\*Graduate Project. Modality: Research internship

\*\* Faculty of Physical and Chemical Engineering. Geology School. Director: Sait K. Velázquez.

## INTRODUCCIÓN

Colombia, un país con procesos denudacionales intensos, de condiciones climatológicas variables, con una configuración geológica asociada a rocas de diferente tipo (ígnea, sedimentaria y metamórfica) y con estilos estructurales complejos, entre otros, es de considerar que se presenten innumerables desastres naturales relacionados a movimientos en masa (MM); estos procesos geológicos son los causantes de los infortunios que han aquejado al país en el transcurrir de los años cobrando la vida de personas y dejando incalculables pérdidas económicas. Un caso particular en lo acontecido en el barrio la Gabriela de Bello-Antioquia, este movimiento dejó un saldo trágico de aproximadamente 60 personas sin vida, lo cual ocurrió la tarde de un domingo 5 de diciembre del 2010. Este incidente dejó demostrado lo vulnerable que se encuentran ciertos centros poblados ante la posibilidad de que un proceso geológico como este los afecte.

Teniendo en cuenta la problemática generada, el Servicio Geológico Colombiano en convenio y colaboración con las escuelas de geología de las universidades a nivel nacional, planteó la realización de los mapas de zonificación de susceptibilidad y amenaza relativa por movimientos en masa a escala 1:100.000, para el caso particular de la plancha 110-Pamplona. Para tal fin se empleó una metodología HEURÍSTICA que corresponde a un proceso de análisis jerárquico (AHP) y relaciona e integra variables cualitativas y cuantitativas (insumos GENERALES y TEMÁTICOS), formulada por el Servicio Geológico Colombiano en su Documento Metodológico de la Zonificación de Susceptibilidad y Amenaza por movimientos en Masa Escala 1:100.000.

De acuerdo con la metodología sugerida una de las variables fundamentales para la generación de estos mapas es la GEOMORFOLOGÍA, definida como la ciencia que trata de la descripción y el estudio de la génesis, clasificación, procesos y evolución de las formas antiguas y recientes de terreno (tanto terrestres como

submarinas) y su relación con las estructuras infrayacentes (SGC 2012). Este insumo TEMÁTICO se elaboró debido a que nuestro país no cuenta con las planchas geomorfológicas a escala 1:100.000, para lo cual, con base en la Propuesta Metodológica Sistemática Para la Generación de Mapas Geomorfológicos Analíticos Aplicados a la Zonificación de Amenaza por Movimientos en Masa Escala 1:100.000 suministrada por el SGC, se generó el mapa geomorfológico analítico de la plancha 110-Pamplona. Donde se hizo un acompañamiento directo junto a un grupo de trabajo multidisciplinario, obteniendo y analizando información recolectada a partir de insumos básicos, temáticos y campañas de campo.

El presente informe es una recopilación de los datos obtenidos en oficina y en campo para la elaboración del insumo GEOMORFOLOGÍA a partir de sus atributos morfométricos, morfogenéticos y morfodinámicos, se detalla los pasos utilizados y se caracteriza cada uno de las unidades geomorfológicas cartografiadas, representadas en un mapa geomorfológico analítico.

El estudio de la susceptibilidad y amenaza relativa por movimientos en masa es el punto de partida para el desarrollo de estudios posteriores y con mayor detalle. Es una herramienta fundamental para el crecimiento del país ya que es la base para proyectos de obras y mega obras civiles y para la planeación del ordenamiento territorial nacional.

## 1 GENERALIDADES DEL PROYECTO

### 1.1 OBJETIVOS

#### 1.1.1 Objetivo General

- Generar Información de apoyo de los parámetros morfodinámica y morfogénesis, que contribuya a fortalecer los estudios de geomorfología para la zonificación de amenaza relativa por movimientos en masa en la plancha 110-Pamplona (Escala 1:100.000).

#### 1.1.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar los movimientos en masa, desde un punto de vista geológico, físico, climático y antrópico, con el fin de estimar indicadores que permitan evaluar las condiciones de estabilidad de la zona de estudio.
- Identificar y clasificar los ambientes morfogenéticos presentes en la región de investigación en función de sus rasgos y características morfológicas.
- Contribuir en la generación del mapa geomorfológico mediante la integración de los atributos morfología, morfometría, morfodinámica y morfogénesis.

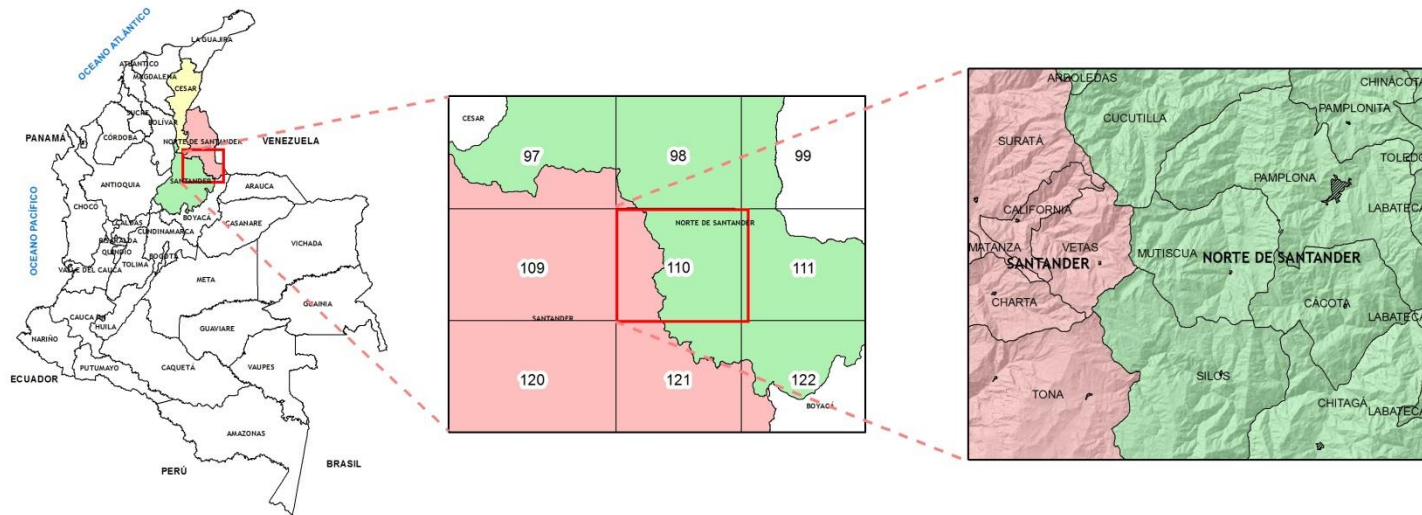
## 1.2 LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

La zona de estudio (Figura 1), que comprende la plancha 110-Pamplona, se encuentra ubicada en el extremo suroccidental del departamento de Norte de Santander y noroccidental de Santander. Hacia la parte central en el sector conocido como cuesta Boba, demarca los límites departamentales entre estos. El estudio cubre un área de 1800 Km<sup>2</sup>, limitadas en datúm Magna Sirgas de origen central, de coordenadas planas:

NW: X: 1.320.000 - Y: 1.120.000 NE: X: 1.320.000 – Y: 1.167.000  
SW: X: 1.280.000 – Y: 1.120.000 SE: X: 1.280.000 – Y: 1.167.000

Esta plancha de escala 1:100.000 del IGAC comprende los municipios de Surata, California, Vetas, Charta, Tona, Matanza en el departamento de Santander y Pamplonita, Pamplona, Mutiscua, Cacota, Silos, Labateca, Toledo, Arboledas, Cucutilla, Chinácota y Chitagá en el departamento de Norte de Santander.

**Figura 1. Mapa de localización de la plancha 110-Pamplona en el departamento de Norte de Santander, en Colombia.**



Fuente: Modificado de UIS-SGC, 2013

### 1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En un país con condiciones climatológicas tan variables como Colombia, con una geología tan compleja, entre otros factores, es de considerar que se presenten innumerables desastres naturales asociados a movimientos en masa (MM). Muchos de estos procesos geológicos son los causantes de las calamidades que han ocurrido en el transcurrir de los años. Inviernos como los ocurridos en los últimos 3 años (2010, 2011, 2012) con cuantiosos damnificados, pérdidas de vidas e infraestructura totalmente destruida, deja en evidencia lo vulnerable que se encuentra nuestro país ante estos fenómenos geológicos.

Viendo la problemática generada por estos movimientos en masa, el Servicio Geológico Colombiano en convenio y colaboración con las escuelas de geología de las universidades que cuentan con el programa de ciencias geológicas, consideró realizar los mapas de zonificación de susceptibilidad y amenaza relativa por movimientos en masa a una escala no tan detallada como la 1:100.000 para la plancha 110-Pamplona, pero que es de importancia para trabajos posteriores con un nivel de detalle superior. Para tal fin se necesitan de insumos particulares, que ayuden a modelar las variables de morfometría, morfodinámica y morfogénesis, involucradas para la generación de estos mapas.

Cada una de estas variables cuenta con productos básicos que permiten caracterizarlas y darles un valor que será fundamental a la hora de calificarlas e integrarlas en un SIG, con el fin de generar el mapa de susceptibilidad y amenaza relativa de la plancha 110-Pamplona. En el caso de la variable Morfodinámica que trata de aquellos procesos activos en el presente o en futuro, se elaborará un catálogo e inventario de movimientos en masa de la zona de estudio; para la variable morfogénesis que define el origen de las formas del terreno, se identificarán unidades geomorfológicas con sus respectivos procesos endógenos y

---

exógenos que se han encargado de modelarlas. El inventario de procesos morfodinámicos y la cartografía geomorfológica son insumos necesarios a la hora de evaluar la vulnerabilidad presente de un área de interés, junto con los factores condicionantes y detonantes, permite determinar sitios con susceptibilidades que puedan afectar a centros poblados e infraestructura y que requieran de una atención prioritaria.

## 1.4 JUSTIFICACIÓN

Como proyecto a nivel nacional, el Servicio Geológico Colombiano (SGC) realiza junto con las universidades que cuentan con el programa de geología e ingeniería geológica, una zonificación de susceptibilidad y amenaza relativa por movimientos en masa a 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, 153).

La plancha 110-Pamplona se encuentra ubicada al centro-oriente del Macizo de Santander. Tectónicamente es una zona de fallamiento (de rumbo e inverso) y plegamiento (sinclinal y anticlinal); controlada por fallas y estructuras tales como: la falla de Chitagá, Mutiscua, Pamplona, Tona, entre otras y el sinclinal de la Carbonera, Picacho y Pamplonita respectivamente. Litológicamente se diferencian varios tipos de rocas: néises, esquistos, granitos, cuarzomonzonitas, areniscas, calizas, shales, conglomerados y depósitos cuaternarios, (glaciales, glaciofluviales, coluviones, terrazas y abanicos); sus características texturales, de resistencia y fábrica contribuyen a la vulnerabilidad de las laderas, actuando a manera de agentes condicionantes. Lo anterior, combinado con factores detonantes como el clima, acciones antrópicas, rasgos topográficos y de vegetación genera zonas con alto potencial para el desarrollo de movimientos en masa (deslizamiento, caídas de rocas, reptación, solifluxión, etc.).

La información generada en escala 1:100.000 será soporte para la planeación de futuros proyectos de infraestructura y desarrollo regional. Junto con el

---

levantamiento y registro de movimientos en masa, encargado de enriquecer la base de datos a nivel nacional (SIMMA), contribuirá para el seguimiento y monitoreo de estos fenómenos que tienen repercusión social en la plancha objeto de este estudio.

## 1.5 INSUMOS

Para la elaboración de los mapas geomorfológicos analíticos escala 1:100.000, requiere información básica (Modelo digital de elevación DEM; Mapa de pendientes; Mapa de sombras; Plancha cartografía básica IGAC 1:100.000; Sensores remotos; Fotografías aéreas) y temática (Mapa geológico y de fallas INGEOMINAS, escala 1:100.000) que permitirá satisfacer cada uno de los parámetros involucrados en la generación de estos. A continuación se hace una breve definición y descripción de los insumos utilizados en la elaboración de la plancha geomorfológica 110-Pamplona, escala 1:100.000.

### 1.5.1 Insumos básicos

#### 1.5.1.1 Modelo digital de elevación (DEM)

El Modelo Digital de Elevación es la pieza clave del análisis geomorfométrico. Es el equivalente informatizado de la cartografía clásica de elevaciones tradicionalmente representada mediante curvas de nivel (Olaya 2012). Este reúne un conjunto de datos numéricos en capas “raster” que representa la distribución espacial de la altitud de la superficie del terreno. Este modelo fue suministrado por el IGAC y producido por la misión SRTM del año 2000 a una resolución de 1 arco-segundo (aproximadamente 30 m en el Ecuador) para casi todo el globo terráqueo, entre las latitudes de 60 grados norte y 56 grados sur (Farr, 2007) con un error de altitud vertical medio de 6,2 m (nivel de confianza de 90%) y un error de geoubicación de 9 m para Suramérica (Rodríguez, 2006). Modelo georeferenciado al geoido WGS84 y elevaciones al EGM96 (SGC, 2013).

##### 1.5.1.1.1 Mapa de sombras

A partir del Modelo Digital de Elevación (DEM) se obtuvo un Mapa de Sombras donde se ven representadas las sombras que genera el relieve debido a la

proyección de la luz, desde un foco externo al modelo; para este caso el foco representaría al sol con una dirección de azimut y un valor de altitud. Para el procesamiento de estos mapas se contó con la ayuda del software ArcGIS 10.1 y su herramienta “3d Analyst-HILLSHADE”; se tomó un ángulo de 345° de azimut y un valor de 45° de altitud para la plancha 110-Pamplona. ANEXO A

#### 1.5.1.1.2 Mapa de pendientes

Derivado del Modelo Digital de Elevación (DEM) se generó el Mapa de Pendiente correspondiente a una variable cuantitativa y continua. Para el procesamiento del mapa de sombras de la plancha 110-Pamplona se tomaron los rangos de inclinación de ladera propuestos por Carvajal (2008) (Tabla 1), aunque estos pueden variar según las condiciones del terreno investigadas para detallar rasgos relacionados a movimientos en masa (MM). Para realizar el procesamiento se utilizó el software ArcGIS 10.1 y su herramienta “3D Analyst-SLOPE”. ANEXO B

**Tabla 1. Rangos de pendientes para estudios geomorfológicos, propuesto por Carvajal (2008).**

INCLINACION (Grados)	DESCRIPCIÓN
0-5°	Plana a suavemente inclinada
5,00000001-10°	Inclinada
10,00000001-15°	Muy inclinada
15,00000001-20°	Abrupta
20,00000001-30°	Muy abrupta
30,00000001-45°	Escarpada
45,00000001-89,9999999	Muy escarpada

Fuente: Tomado de Servicio Geológico Colombiano, 2012.

### **1.5.1.2 Planchas cartografía básica IGAC 1:100.000**

El Instituto Geográfico Agustín Codazzi IGAC, suministró la cartografía básica en formato análogo y digital para la plancha 110-Pamplona. Contiene información sobre relieve, hidrografía, vías, construcciones, límites y vegetación y se encuentra georeferenciada al sistema de proyección trasversa de gauss, elipsoide de referencia internacional 1924 con orígenes locales 1, 2, 3 y 4 (SGC, 2012).

ANEXO C

### **1.5.1.3 Sensores remotos**

Son herramientas capaces de obtener información acerca de un objeto, área, o fenómeno sin estar en contacto con éste. Pueden detectar y coleccionar la energía proveniente de la superficie de la Tierra y convertirla en una señal representada en una imagen adecuada para la información de interés (SGC, 2012).

Las imágenes de satélite son la representación de la energía de la superficie, transformada en un producto de fácil interpretación y análisis. Son importantes debido a la cobertura global y periódica que se puede obtener de la superficie. Para el desarrollo del proyecto se utilizaron imágenes de satélite (LANDSAT) para la plancha 110-Pamplona, por presentar ventajas en la identificación y cartografía de elementos del terreno.

Las imágenes de satélite (LANDSAT) presentan grandes ventajas en la identificación y cartografía de elementos del terreno. En especial por la alta resolución espectral determinada por varias bandas (planos de imagen) de diferente longitud de onda, la facilidad de interpretación digital de varias escalas (resolución espacial por pixel 30 m en imágenes LandSat TM (Vargas, 1994). Con base en la imagen Landsat se realizó combinación de bandas RGB 5-4-3 mediante su procesamiento digital el cual permitió la identificación de los

materiales más importantes en la zona de estudio, RGB 4-1-2 para generar contraste de las geoformas y rasgos topográficos y combinaciones 3-5-7 para identificación de procesos de movimientos en masa (SGC, 2013). ANEXO D

#### **1.5.1.4 Fotografías aéreas**

Las fotografías aéreas es un recurso que constituye un registro permanente y fiel de los objetos y procesos presentes en la superficie del terreno. Dependiendo de su escala se facilita para el estudio de grandes áreas en poco tiempo. Por medio de estas se pueden establecer relaciones espaciales entre rasgos topográficos, permitiendo identificar y diferenciar ambientes morfogenéticos regionales y locales con sus correspondientes unidades geomorfológicas. Además son útiles a la hora de inventariar movimientos en masa en áreas sin registro y que son de difícil acceso (SGC, 2013). Este insumo no se utilizó en la caracterización geomorfológica y morfodinámica.

### **1.5.2 Insumos temáticos**

#### **1.5.2.1 Mapa geológico escala 1:100.000**

Suministrado por el Servicio Geológico Colombiano, corresponde al mapa geológico escala 1:100.000 de la plancha 110-Pamplona; donde incluye información litológica y estructural que ayuda a la definición de la litoestratigrafía de la zona. ANEXO E

#### **1.5.2.2 Mapa de fallas escala 1:100.000**

Se extraer información de las estructuras del mapa geológico escala 1:100.000 de la plancha 110-Pamplona, donde se incluye el trazo de las fallas y lineamientos estructurales, así como ejes de pliegues regionales. Además se tuvo en cuenta

las fallas activas del cuaternario ya que son importantes debido a los procesos asociados. ANEXO E

### **1.5.3 Formato de captura de datos**

Para llevar a cabo las campañas de campo fue necesario implementar unas tablas o formatos que nos permitieran recolectar y agrupar toda la información producto del análisis e interpretación de las formas del terreno y de los procesos denudacionales como son los movimientos en masa.

#### **1.5.3.1 Formato de recolección de datos de morfometría para cartografía geomorfológica**

Este formato fue suministrado y modificado por la Universidad Industrial de Santander (UIS) ANEXO F, donde se recopila las características morfométricas de las geoformas estudiadas a escala 1:100.000, distribuidos en 18 ítems:

- Datos de registro
- Localización
- Morfogénesis
- Morfología-Morfometría
- Cobertura y uso de suelo
- Características de drenaje
- Grado de meteorización
- Tipo de material
- Movimientos en masa
- Patrón de drenaje
- Tipo de roca
- Tipo de suelo
- Tipo de erosión

- Espaciamiento de canales
- Intensidad de erosión
- Notas
- Esquemas
- Catalogo fotográfico

### **1.5.3.2 Formato de catálogo e inventario de movimientos en masa (MM)**

Para la caracterización de los movimientos en masa (MM) se utilizó el procedimiento propuesto por el Servicio Geológico colombiano, en donde se utilizaron dos formatos para la recolección de datos para movimientos con dimensiones menores y mayores de 50 m de ancho por 50 m de longitud total. Estos formatos son una modificación del año 2012 y hace parte de la propuesta del Proyecto Multinacional Andino (PMA: GCA) ANEXO G. A continuación se menciona los ítems que contienen:

- Datos de registro
- Localización geográfica y documental del evento
- Actividad del movimiento
- Litología y estructura
- Clasificación del movimiento
- Morfometría
- Causas del movimiento
- Tipo de erosión
- Cobertura y uso del suelo
- Población afectada
- Daños
- Notas
- Apreciación del riesgo

- Registro fotográfico
- Esquema

## 1.6 METODOLOGÍA

La metodología que se implementó para la ejecución de la pasantía de investigación se ajustó a los tiempos preestablecidos para la misma. Ésta se compone de 4 fases en las cuales se realizaron unas actividades que contribuyeron al buen desarrollo, encaminadas a satisfacer los objetivos que se querían alcanzar.

Al ejecutar cada una de estas fases se tuvo en cuenta un procedimiento basado en el sistema de levantamiento y de mapeo geomorfológico del International Institute for Areal Survey and Earth Sciences ITC, adaptado por Carvajal (2004-2008) y formulado por el Servicio Geológico Colombiano en su Propuesta Metodológica Sistemática Para la Generación de Mapas Geomorfológicos Analíticos Aplicados a la Zonificación de Amenaza por Movimientos en Masa Escala 1:100.000.

**Figura 2. Esquema metodología de trabajo.**



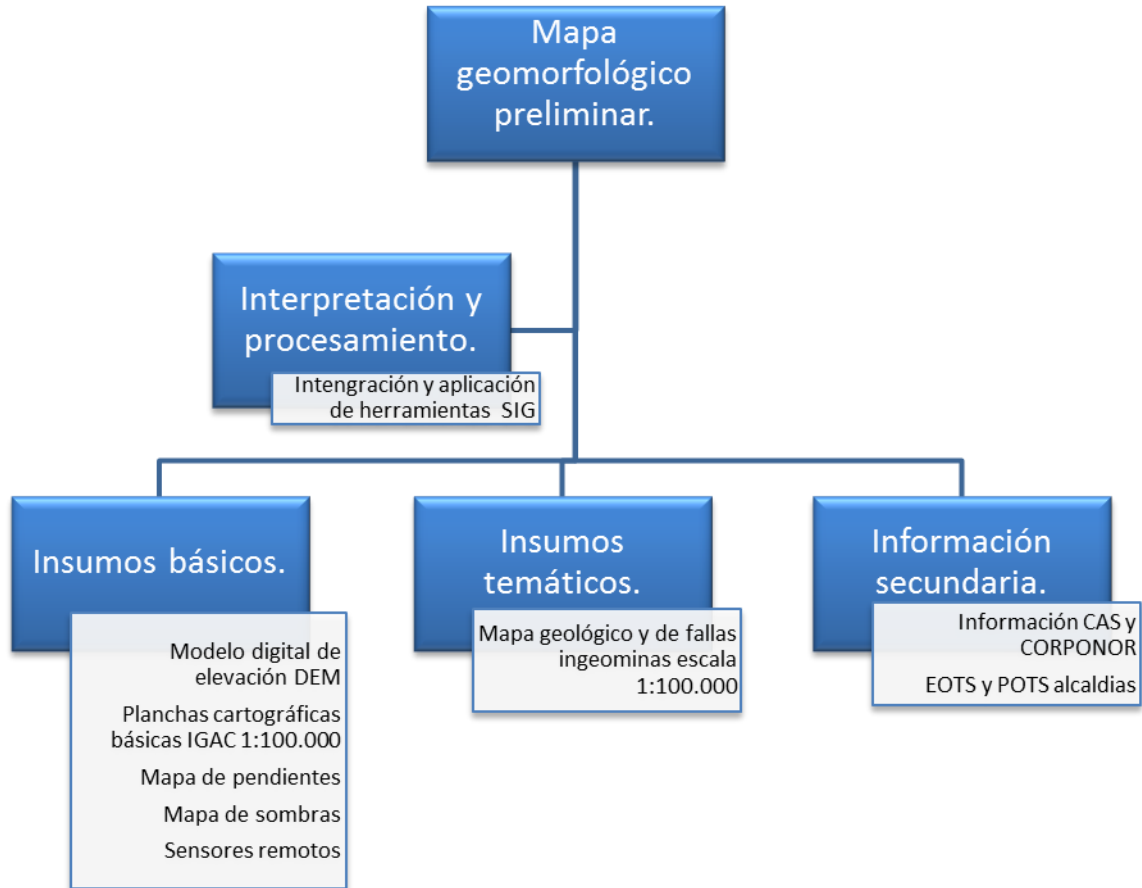
Fuente: Autor.

### 1.6.1 FASE 1: Trabajo de oficina, gestión técnica y diseño.

Fase en la que se generó junto con el grupo de trabajo multidisciplinario, un mapa geomorfológico preliminar a partir de la integración de los parámetros: morfología,

morfogénesis, morfodinámica y morfometría; que diferencio las geoformas por su origen y su relación con el ambiente morfogenético. Para tal fin se llevó a cabo una recopilación de información a partir de insumos básicos (Modelo digital de elevación DEM; Planchas cartográficas básica IGAC 1:100.000; Mapa de pendientes; Sensores remotos) y temáticos (Mapa geológico y Mapa de fallas geológicas, Ingeominas, escala 1:100.000); Información secundaria proporcionada por entidades gubernamentales encargadas del monitoreo y ejecución de planes de mitigación ante problemas de amenaza y riesgos naturales, como son las corporaciones autónomas regionales como el CAS (Corporación Autónoma Regional de Santander) y CORPONOR (Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental) y datos encontrados en los EOTS-POTS de las alcaldías involucradas en el área de estudio (Figura 3).

**Figura 3. Esquema metodología Fase 1.**



Fuente: Autor.

Además se llevó a cabo la planeación de las rutas y recorridos para el trabajo de campo requerido para el desarrollo óptimo de la pasantía de investigación.

En resumen se llevaron a cabo las siguientes actividades:

- Recopilación de la información a partir del análisis de los insumos básicos y temáticos: procesamiento digital de imágenes y obtención de modelos digitales del terreno, mapas de pendientes, mapas de sombras; con el fin

de obtener una visión general de la geomorfología del área de estudio, cualificando y cuantificando rasgos geomorfológicos.

- Elaboración de un mapa preliminar fundamentado en la interpretación de la anterior actividad y que será base para el posterior trabajo de campo donde permitirá validar o modificar la información.

### **1.6.2 FASE 2: Adquisición y validación de datos (Trabajo de Campo).**

En esta fase se modificó y validó la información contenida en el mapa preliminar, se tomaron datos de tipos de geoforma, formas de relieve, inclinaciones de ladera, datos estructurales, tipos de material, procesos morfodinámicos, entre otros. Se realizaron aproximadamente 2 campañas de campo, distribuida de esta manera:

La primera campaña fue de 20 días, con recorridos sobre la plancha 110-Pamplona, recolectando información para el parámetro Morfodinámica (Datos de movimientos en masa) y La segunda de 12 días, compilando y corroborando información del parámetro Morfogénesis (definición de ambientes y sus unidades Morfogénéticas). Estos datos se recolectaron teniendo en cuenta estándares establecidos y utilizando formatos suministrados por el Servicio Geológico Colombiano (SGC) y la Universidad Industrial de Santander (UIS).

El desarrollo del parámetro morfodinámica consistió en realizar un catálogo e inventario de movimientos en masa (MM), donde se recolectó información de las características más importantes reunida en un formato único subdividido en 16 ítems (Datos de registro; Localización; Actividad del movimiento; Litología y estructura; Clasificación; Morfometría; Causas del movimiento; Tipo de erosión; Cobertura y Uso de suelo; Población afectada; Daños; Notas; apreciación de riesgo; Registro fotográfico; Esquema e Importancia del evento), suministrado por el Servicio Geológico Colombiano (SGC).

Para el atributo morfogénesis se realizó una toma de datos y control de las unidades geomorfológicas que previamente fueron interpretadas en la fase 1, recurriendo a zonas elevadas para obtener panorámicas generales. Por medio de los mapas de sombras, de pendientes y geológico que se disponían en campo, se logró definir mejor los polígonos e identificar con mayor claridad cada una de las unidades; a su vez en un formato único elaborado y modificado por la Universidad Industrial de Santander (UIS) quedaron registrado datos de morfometría para la cartografía geomorfológica (Datos de registro; Localización; Morfogénesis; Morfología-Morfometría; Cobertura y uso de suelo; Características de drenaje; Grado de meteorización; Tipo de material; Movimientos en masa; Patrón de drenaje; Tipo de roca; Tipo de suelo; Tipo de erosión; Espaciamiento de canales; Intensidad de erosión; Notas; Esquemas y Catalogo fotográfico).

### **1.6.3 FASE 3: Procesamiento y reinterpretación de la información.**

Partiendo de que ya se contaba con la información producto de la fase anterior, se procedió al análisis de cada una de los parámetros involucrados para generar el producto que satisfaga la problemática planteada.

Para lo cual se generó una discusión entre el grupo de trabajo multidisciplinario con la información obtenida en campo, donde esquemas, fotografías y perfiles permitieron redefinir y complementar los mapas geomorfológicos preliminares. La información producto del parámetro morfodinámica se compiló en la base de datos SIMMA (Sistema de información de movimientos en masa) del Servicio Geológico Colombiano (SGC), la cual puede ser consultada de manera libre en el link: <http://zafiro.ingeminas.gov.co/simma/default.aspx/>.

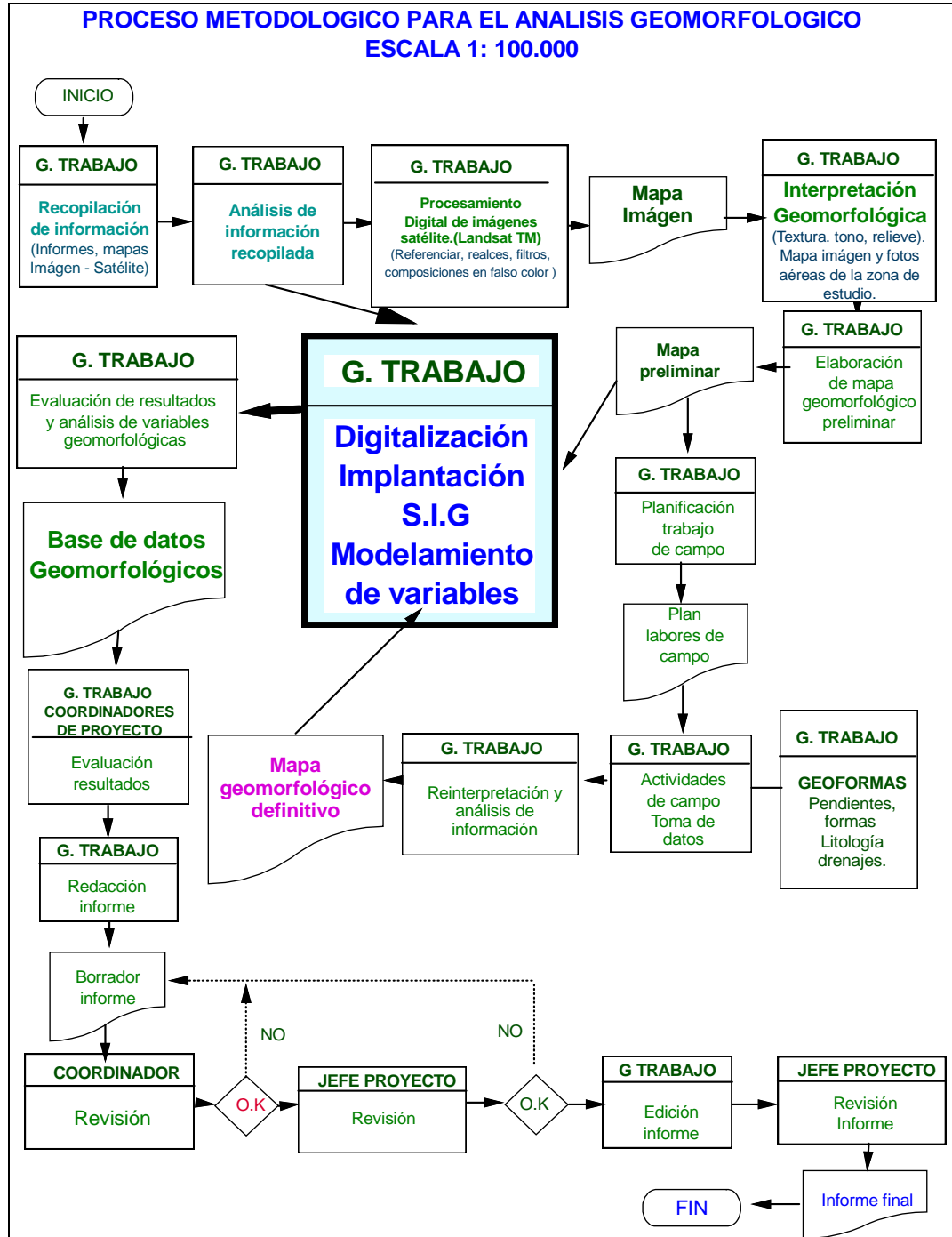
Se integró los parámetros involucrados mediante análisis y estudios con herramientas SIG (Sistema de Información geográfica), para este caso se utilizó software especializados como ArcGIS 10.1, generando el mapa geomorfológico

analíticos a escala 1:100.000 de la plancha 110-Pamplona que es la base para la zonificación de susceptibilidad y amenaza relativa por movimientos en masa escala 1:100.000.

#### **1.6.4 FASE 4: Generación de mapas e informes.**

Después de efectuarse el análisis e integración de la información y haber obtenido los resultados correspondientes, se empieza con la edición de un mapa revisado y estandarizado con la nomenclatura y simbología de los mapas geomorfológicos sugerida por el Servicio Geológico Colombiano en su Propuesta Metodológica Sistemática Para la Generación de Mapas Geomorfológicos Analíticos Aplicados a la Zonificación de Amenaza por Movimientos en Masa Escala 1:100.000; redacción de las memorias explicativas de los productos generados, además de un informe detallado mostrando cada una de las fases, actividades realizadas y los resultados obtenidos durante la ejecución de la pasantía de investigación. Estos entregables serán presentados en formato físico y digital.

Figura 4. Flujograma de proceso metodológico seguido para la elaboración de los mapas geomorfológicos escala 1: 100.000.



Fuente: Tomado de Servicio Geológico Colombiano, 2012.

## 2 MARCO TEORICO

El desarrollo de la pasantía de investigación, requiere de información relacionada a la cartografía geomorfológica y movimientos en masa, escala 1:100.000. Muchos de los conceptos aquí mencionados, hacen parte de una recopilación bibliográfica detallada y principalmente basada en la Metodológica Sistemática para la Generación de Mapas Geomorfológicos Analíticos Aplicados a la Zonificación de Amenaza por Movimientos en Masa Escala 1:100.000.

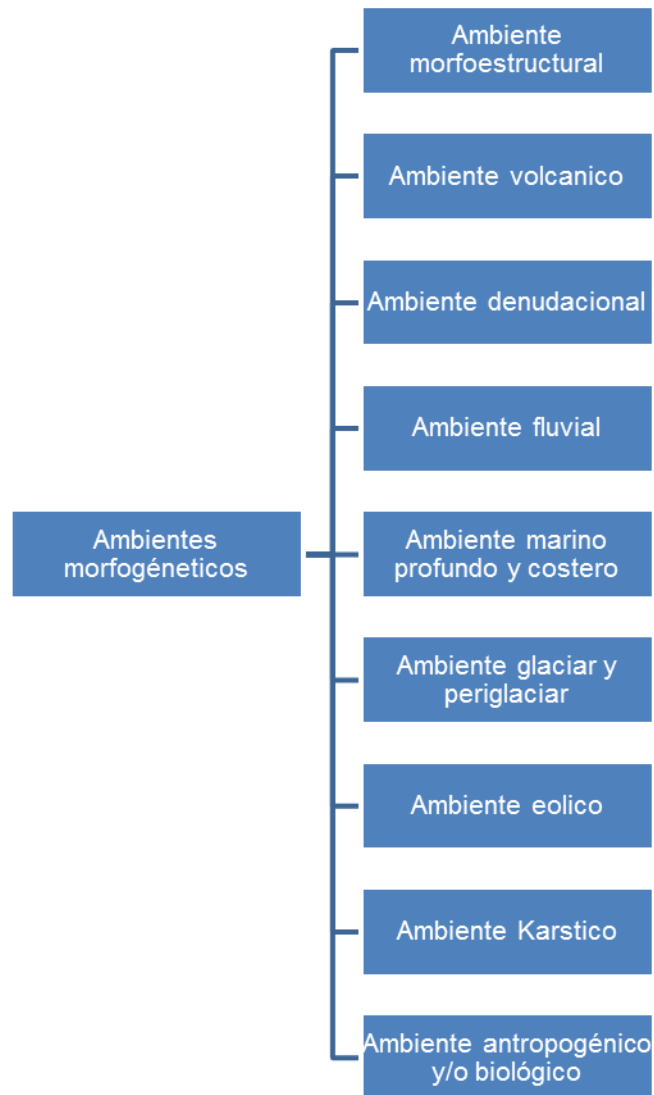
### 2.1 GEOMORFOLOGÍA

La palabra geomorfología deriva de tres palabras griegas: γη (la Tierra), μορφή (forma), y λογος (discurso). Es la ciencia preocupada por la forma de la superficie de la tierra y los procesos que las crean (Summerfield, 1991).

La superficie de la Tierra está constituida por multitud de formas diferentes que, descritas e interpretadas adecuadamente, pueden ser aisladas y clasificadas de manera coherente. La conjunción de estas formas en un área determinada es lo que confiere su carácter específico a los diversos paisajes que conforman el escenario de la actividad humana (Sala, 1984).

Para el estudio de la geomorfología, la clasificación está dada por medio de *Geoformas* “Land Forms”, que designa todos los tipos de formas del relieve independientemente de su origen, de su dimensión y de su nivel de abstracción (Zinck, 2012). Estas son agrupadas en **ambientes morfogenéticos** (Figura 5), el cual, agrupa las condiciones físicas, químicas, bióticas y climáticas bajo las cuales se formaron las geoformas. Se determina con base en la expresión e interpretación de los procesos geomorfológicos registrados en el terreno, que dieron lugar a la formación, evolución y modificación de las geoformas (SGC, 2012). Se agrupan en:

**Figura 5. Esquema de ambientes morfogenéticos.**



Fuente: Autor.

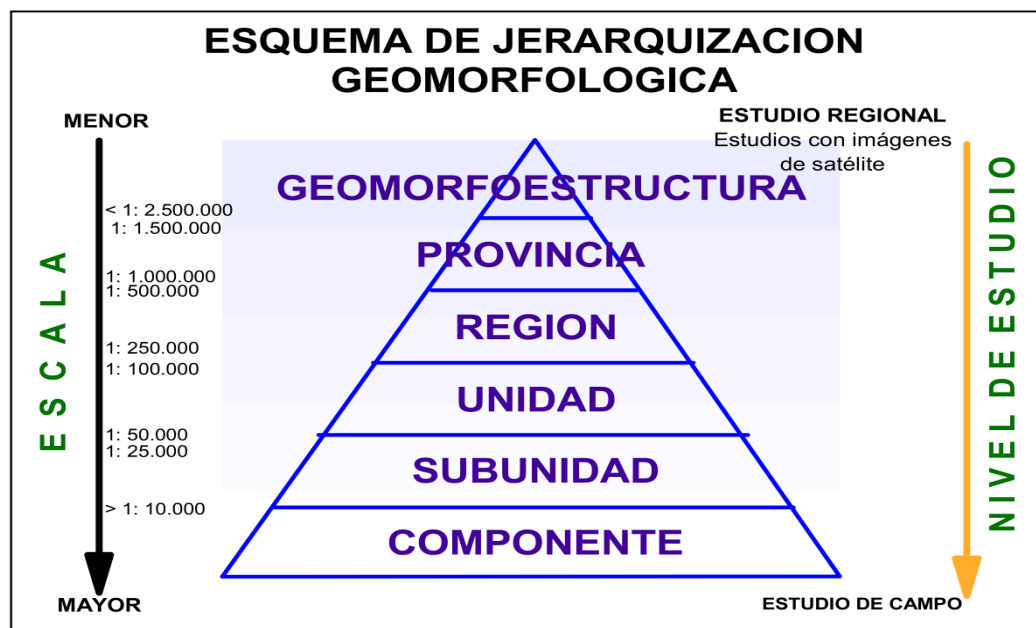
- Ambiente morfoestructural: Dominado por procesos endógenos producto de la dinámica interna de la Tierra, especialmente los asociados a plegamientos y fallamientos. Su expresión morfológica se define por la disposición espacial de las capas de rocas superiores de la corteza terrestre. Incluye el ambiente neotectónico (geoformas originadas por la actividad tectónica activa y que se ha prolongado durante el Cuaternario) (SGC, 2012).

- Ambiente volcánico: En este ambiente predominan las geoformas producto de los procesos endógenos asociados a la actividad volcánica, la que incluye la extrusión de materiales fundidos procedentes del interior de la tierra y su posterior acumulación o por erupciones explosivas y/o efusivas.
- Ambiente denudacional: Modelado por procesos exógenos de erosión, meteorización y depositación, sobre geoformas pre-existentes.
- Ambiente fluvial: Dominado por procesos de erosión y depositación en zonas aledañas a las corrientes de agua, producto de la actividad fluvial.
- Ambiente marino profundo y costero: Determinado por la actividad de las corrientes marinas y el oleaje costero sobre la estructura y litología local, los aportes fluviales en deltas y la actividad biológica de las formaciones arrecifales.
- Ambiente glaciar y periglacial: Producto de procesos de erosión intensa y depositación en laderas adyacentes, ocasionada por el movimiento de grandes de masas de hielo, tanto de los casquetes polares, como en zonas de alta montaña.
- Ambiente eólico: Dominado por la acción del viento, como agente modelador del paisaje en zonas desérticas principalmente (SGC, 2012).
- Ambiente karstico: Definido por la meteorización química de materiales de fácil dilución en ambientes húmedos y cálidos, tales como las calizas y sal (SGC, 2012).
- Ambiente antropogénico y/o biológico: Resultado de la intervención del hombre que modifica la superficie del terreno.

## 2.2 JERARQUIZACIÓN GEOMORFOLÓGICA

El criterio dimensional ha sido utilizado para clasificar las geoformas (Tricart, 1965a; Goosen, 1968; Verstappen & Van Zuidam, 1975; entre otros). Estas clasificaciones son jerárquicas, con énfasis en la geomorfología estructural en los niveles superiores del sistema. La clasificación (Figura 6) de Carvajal (2008) se basa en seis órdenes de magnitud temporo-espaciales (Zinck, 2012); donde la base regional está fundamentada en la génesis geológica de las geoformas y los ambientes morfogenéticos, y el detalle basado en los ambientes morfogenéticos, expresión morfológica, litología y procesos morfodinámicos (SGC, 2012).

Figura 6. Esquema de jerarquización geomorfológica.



Fuente: Tomado de Servicio Geológico Colombiano, 2012.

- Geomorfoestructura (escala < 1:2.500.000):  
Corresponde a grandes áreas geográficas o amplios espacios continentales o intracontinentales, caracterizados por estructuras geológicas y topográficas regionales (SGC, 2012).

- Provincia geomorfológica (escala. 1:1000.000 a 1:500.000):  
Son conjuntos de regiones con geoformas parecidas y definidas por un macro relieve y una génesis geológica similar. Localmente, se corresponden con las regiones naturales y con los terrenos geológicos de Colombia, los cuales están demarcados por fallas regionales y continentales definidas o inferidas (SGC, 2012).
- Región geomorfológica (escala 1:250.000 a 1:500.000):  
Involucra a las geoformas relacionadas a la génesis de los paisajes, y definidas por un marco de ambiente morfogenético definido y afectados por procesos dinámicos parecidos (SGC, 2012).
- Unidad geomorfológica (Escala 1:50.000 a 1:100.000):  
Definida como una geoforma individual genéticamente homogénea, generada por un proceso geomórfico constructivo o destructivo de un ambiente geomorfológico particular (SGC, 2012).
- Subunidad geomorfológica (escala 1:10.000 a 1:25.000):  
Esta categoría está definida fundamentalmente por contrastes morfológicos y morfométricos que relacionan el tipo de material o la disposición estructural de los mismos. Igualmente, está definida por el contraste dado por las formaciones superficiales asociadas a procesos morfodinámicos actuales de meteorización, erosión, transporte y acumulación bien definidos (SGC, 2012).
- Componente o elemento geomorfológico (escala 1:2000 a 1:10.000):  
Esta subdivisión representa el máximo nivel de detalle en la jerarquización. Determina los rasgos del relieve (escarpes naturales o antrópicos, relieves internos de laderas o flancos, crestas, formas de valle) definidos en sitios

---

puntuales y determinados por la morfometría detallada del terreno en una subunidad geomorfológica (SGC, 2012).

Para la elaboración del mapa geomorfológico escala 1:100.000, se utilizó la definición de UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS, como unidad básica de la cartografía geomorfológica. Siguiendo los lineamientos de la metodología I.T.C (Verstapen y van Zuidam, 1992), encontrados en la propuesta metodológica sistemática del SGC, 2012; las formas del terreno se caracterizaron y clasificaron desde un punto de vista morfogenético.



Figura 7. Jerarquización geomorfológica y su caracterización.

GEOMORFO ESTRUCTURA	PROVINCIA GEOMORFOLOGICA	REGION GEOMORFOLOGICA	UNIDAD GEOMORFOLOGICA	SUBUNIDAD GEOMORFOLOGICA	COMPONENTE GEOMORFOLOGICO
<b>SISTEMA MONTAÑOSO CRATONICO DE LA GUYANA</b> <b>SISTEMA OROGENICO ANDINO</b> <b>SISTEMA OROGENICO COSTERO Y MARGENES CONTINENTALES</b>	<b>PENEPLANICIES DE LA ORINOQUIA</b> <b>PENEPLANICIES DE LA AMAZONIA</b>	<b>Ambiente. Estructurual</b> Sierras estructurales de Bogotá	Espinazo Cuesta Meseta Volcán de lodo S. Homoclinal	Ladera estructural Flancos Lomo d presión Comisa estructural	Escarpe estructural Escarpe de falla Sag ponds
		<b>Ambiente Volcánico</b> Sierra volcánica	Cráter Cono volcánico Flujo de lava Campo ceniza	Cráter con lago Tunel de lava Tap.volcánico Ladera volcán	Borde de cráter Cuello Volcánico Ladera int. Cráter Cono parásito
	<b>CINTURON MONTAÑOSO DE SAN JACINTO</b> <b>CINTURON MONTAÑOSO DEL SINU</b>	<b>Ambiente Denudacional</b> Sierra denudacional	Glacis Deslizamiento Inselberg Cerro residual	Glacis erosión Cono deslizam Talus escombros Ladra denudada	Barranco Escarpe deslizam Terraceta surcos
		<b>Ambiente Fluvial</b> Llanura aluvial Del Magdalena	P. inundación Delta lagunar Terraza fluvial Abanico fluvial	Basines Albardones Delta d desborde Meandro	Orillares Escarpe terraza Banco fluvial Cauce de río
		<b>Ambiente Marino</b> Llanura costera Caribe	Terraza marina Isla barrera Espiga Playón	Plataforma Abr Playa Duna costera P. intermareal	Acantilado Cresta de playa Pináculo
	<b>CORDILLERA OCCIDENTAL</b> <b>VALLE INTERCORDILLERANO DEL MAGDALENA</b> <b>PLATAFORMA CONTINENTAL CARIBE</b>	<b>Ambiente Glacial</b> Sierra Glaciada	Morrenas Valle glacial Kames	Morrena Lat. Drumlim Arista glaciaria Ladera glaciada	Circo glacial Esker Bloque errático Estria glaciaria
		<b>Ambiente. Eólico</b> Planicies desérticas	C. de Dunas D. pedregoso Pl. de deflación Salar	Nebkha Yardangs Hoyo deflación Wadis	Surco deflación Valle interdunar Tafoni Hoyo deflación
		<b>Ambiente. Kárstico</b> Sierras Kársticas	Polje Torre kárstica Uvalas Valle desploma	Dolina Ponor Cerro pepino Fondo pl polje	Lad. cañada Karst Puente Ntral Entrada Caverna Depresión Karstica
		<b>Ambiente. Antropogénico</b> Planos Antrópicos?	C. basura C. escombros Embalses Terraza agricol	Flancos Cantera Presa industrial Minas	Canales Espolones Rompeolas Banca caminos

Fuente: Tomado de Servicio Geológico Colombiano, 2013.

### 2.3 MAPA GEOMORFOLÓGICO

El mapa geomorfológico es la representación gráfica de información escueta y consecuente sobre las formas del terreno, donde se compila datos acerca de su origen, procesos y ambientes geomorfológicos. Aplicados a evaluar el comportamiento del terreno, como son: el inventario de movimientos en masa y su implicación en el estudio de las amenazas naturales. Por esta razón son herramientas importantes en el desarrollo socio-económico de un lugar (departamento-municipio) en particular, reflejado en sus planes o esquemas de ordenamiento territorial.

Se han considerado tres tipos de mapas de acuerdo a la información que se requiera y se consigne para diferentes aspectos de acuerdo con la metodología I.T.C (Verstappen y van Zuidam, 1992). Un primer mapa denominado analítico en donde se consigna la información básica y de orden natural; un segundo mapa denominado sintético, donde se relaciona la información complementaria e interdisciplinaria; y un tercer mapa denominado como pragmático, que comprende la unión o superposición de la información obtenida en los mapas anteriores (SGC, 2012).

No obstante, para el desarrollo y considerando la escala del proyecto, se implementó la metodología para generar un mapa geomorfológico analítico, producto de estudios mono disciplinarios, que contienen información en orden jerárquico: Morfogénesis, Morfología, Morfometría, Morfocronología y Morfoestructura.

### 2.3.1 Atributos mapa geomorfológico

Partiendo de que se generaron mapas geomorfológicos analíticos, el estudio de las unidades está justificado en la caracterización de los atributos cuantificables: **Morfología, Morfometría, Morfogénesis, Morfodinámica y Morfoestructura**. El alcance de la pasantía de investigación se fundamentó en la obtención de información de apoyo, para complementar los atributos Morfogénesis y Morfodinámica, con actividades de campo como: recopilación de un inventario de movimientos en masa y la definición de los parámetros principales de unidades geomorfológicas por medio de una cartografía directamente en el terreno.

**Morfología:** Asociado con los aspectos de la geometría: los gradientes topográficos y las formas relativas.

**Morfometría:** Relacionada con aspectos cuantitativos: medidas de longitud, área, forma y pendiente. La morfometría abarca los rasgos dimensionales de las geoformas, derivados de una representación numérica de la topografía (Pike, 1995; Pike & Dikau, 1995). Los componentes del terreno para su descripción son:

- **Contraste de relieve o relieve relativo:** Es 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 (Tabla 2) que indica la energía potencial de un sistema de drenaje y los materiales constitutivos de la geoforma (SGC, 2012).

**Tabla 2. Rangos de contraste de relieve o relieve relativo.**

RANGOS	DESCRIPCIÓN DEL RELIEVE	RESISTENCIA RELATIVA DEL MATERIAL
<50m	Muy bajo	Materiales muy blandos

		y erosionables
<b>50 - 250 m</b>	Bajo	Blando erosionable
<b>250 - 500 m</b>	Moderado	Moderadamente blando y erosión alta
<b>500 - 1.000 m</b>	Alto	Resistente y erosión moderada
<b>1.000 - 2.500 m</b>	Muy alto	Muy resistente y erosión baja
<b>&gt; 2.500</b>	Extremadamente alto	Extremadamente resistente y erosión muy baja

Fuente: Tomado de Servicio Geológico Colombiano, 2013.

- **Inclinación de la ladera:** Es el ángulo que forma una ladera o terreno respecto a un plano horizontal (Tabla 3). 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 (SGC, 2012).

**Tabla 3. Rangos de inclinación de la ladera.**

<b>INCLINACIÓN (GRADOS)</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL Y COMPORTAMIENTO</b>
<b>&lt; 5</b>	Plana a suavemente inclinada	Muy blanda y muy baja susceptibilidad a movimientos en masa (MM)
<b>6 – 10</b>	Inclinada	Blanda y baja MM
<b>11 – 15</b>	Muy inclinada	Moderadamente blanda

		y Moderada susceptibilidad a MM
16 – 20	Abrupta	Moderadamente resistencia y Moderada susceptibilidad a MM
21 – 30	Muy abrupta	Resistencia y alta susceptibilidad a MM
31 – 45	Escarpada	Muy resistente y Alta susceptibilidad a MM
> 45	Muy escarpada	Extremadamente resistente, baja susceptibilidad a MM

Fuente: Tomado de Servicio Geológico Colombiano, 2013.

- Longitud de la ladera: Es un indicador de la homogeneidad del material constitutivo de las geoformas (Tabla 4). Puede determinar una mayor superficie para el desarrollo de los procesos morfodinámicos (SGC, 2012).

**Tabla 4. Longitud de ladera.**

LONGITUD (METROS)	DESCRIPCIÓN
< 50m	Muy corta
50 - 250 m	Corta
250 - 500 m	Moderadamente larga
500 – 1.000 m	Larga
1.000 – 2.500 m	Muy larga
> 2.500 m	Extremadamente larga

Fuente: Tomado de Servicio Geológico Colombiano, 2013.

- Forma de la ladera: Refleja la homogeneidad en la resistencia de los materiales, y la presencia o control de estructuras geológicas (Tabla 5).

También condiciona los tipos de movimientos en masa que pueden desarrollarse en una ladera (SGC, 2012).

**Tabla 5. Forma de la ladera.**

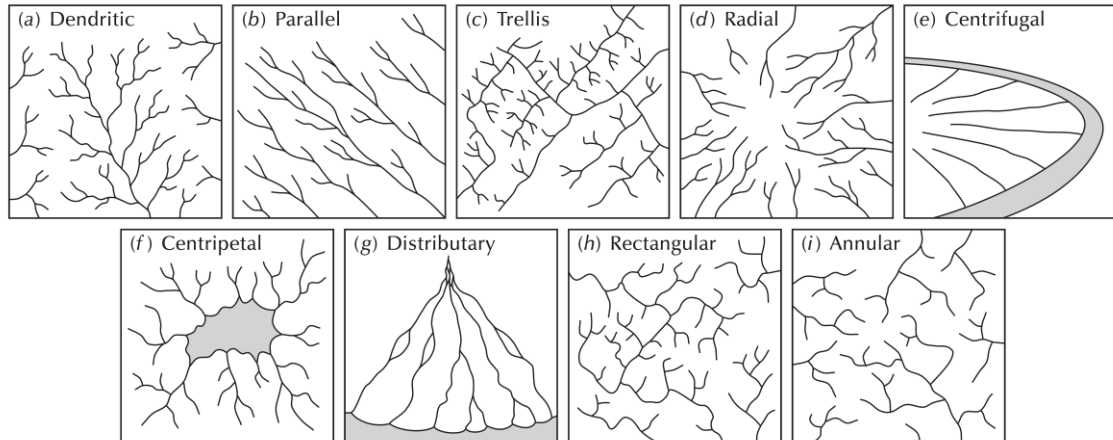
CLASE	CARACTERÍSTICAS MATERIAL	MOVIMIENTOS EN MASA ASOCIADOS
<b>Recta</b>	Alta resistencia y disposición estructural a favor de la pendiente.	Movimiento Traslacional
<b>Cóncava</b>	Material blando y disposición estructural no diferenciada.	Deslizamiento Rotacional.
<b>Convexa</b>	Materiales blandos y disposición estructural casi horizontal.	Predomina meteorización y erosión. Pequeños deslizamientos Rotacionales.
<b>Irregular o escalonada</b>	Materiales con resistencia variada. Disposición estructural en contra de la pendiente.	Caída de Bloques. Erosión Diferencial.
<b>Compleja</b>	Mezcla de materiales. Disposición estructural no definida.	Deslizamientos Complejos

Fuente: Tomado de Servicio Geológico Colombiano, 2013.

- Patrón de drenaje: Se refiere a la red de cursos de agua, la cual contribuye a realzar la configuración y el diseño de los contornos de las geoformas (Figura 8). Está controlado principalmente por la estructura geológica

(tectónica, litología, volcanismo) en áreas ablacionales y por la estructura y dinámica del sistema deposicional en áreas de agradación (Zinck, 2012).

**Figura 8. Patrones de drenaje.**



Fuente: Tomado de Huggett, R.J. 2007.

**Morfogénesis:** Define el origen de las formas del terreno, las causas y procesos que dieron la forma al paisaje. Se asocia a procesos endogenéticos y exogenéticos que se encargan de generarle el aspecto característico a la superficie terrestre.

**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 (SGC, 2012).

**Morfoestructura:** Indica el modelaje del relieve, según composición, disposición y dinámica interna de la tierra (SGC, 2012).

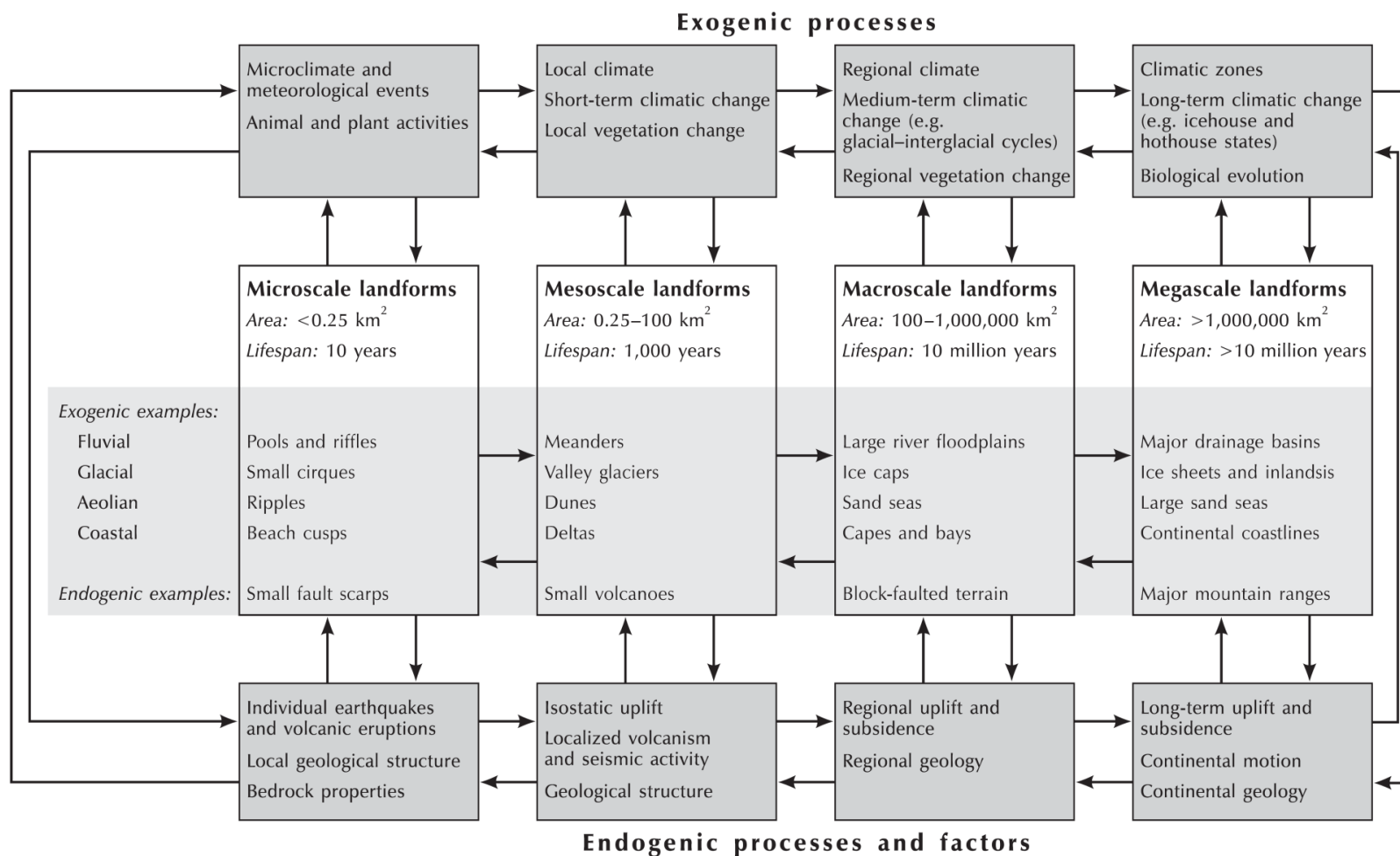
## 2.4 PROCESOS MORFODINÁMICOS

Los procesos geomorfológicos son dinámicos y por lo tanto corresponden a todos los movimientos que ha experimentado la tierra desde sus inicios, tanto aquellos que se originan en su interior (Geodinámica interna, o procesos endógenos), como los que se generan por la interacción de la hidrosfera y la atmósfera (fuerzas externas), que actúan en la superficie terrestre (Geodinámica externa, o procesos exógenos), (Figura 9; SGC, 2012).

Dentro del estudio de los procesos morfodinámicos, hay que tener en cuenta todos aquellos elementos encargados de transportar y depositar, los productos de la meteorización y sedimentación. Estos procesos están en gran medida controlados por el ciclo del agua y el clima dominante de cada región, donde sus agentes: gravedad, hielo, agua corriente, viento, oleaje y corrientes marinas, se encargan de modelar e intervenir el paisaje.

La caracterización morfodinámica identifica y define la evolución de los procesos denudativos (erosión y movimientos en masa), que han ocurrido en un área determinada. Para lo cual, el estudio de los movimientos en masa, en base a su clasificación y sus características, es fundamental para determinar la estabilidad del terreno y en especial de las geoformas cartografiadas.

**Figura 9. Interacción de las geoformas a diferentes escalas de estudio con los procesos endógenos y exógenos.**



Fuente: Tomado de Huggett, R.J. 2007.

## **2.4.1 Movimientos en masa**

El concepto movimiento en masa encierra aquellos movimientos ladera abajo, de una masa de roca, de detritos o de tierras que por efecto de la gravedad, adquieren cinemática. Para que presenten este tipo de procesos se necesita de factores que alteren las condiciones de equilibrio de un cuerpo con una masa específica. En la naturaleza hay factores controladores que pueden ser condicionantes y detonantes de los fenómenos ocurridos: el tipo de material involucrado, las condiciones de alteración o meteorización presentes, el tipo de erosión, la topografía, las condiciones de esfuerzos o el clima (cantidad de lluvia presente en un sitio), entre otros, dan como resultado el comienzo de un proceso conocido como movimiento en masa, que en el caso que este cerca de infraestructura o centros poblados pueden llegar a ser de alta peligrosidad.

La mayoría de las clasificaciones de los diferentes tipos de movimientos se basan en el material constituyente, mecanismos de movimiento, grado de deformación del material y grado de saturación, entre estas clasificaciones encontramos unas muy ampliamente aceptadas como son la de Varnes (1958, 1978) y Hutchinson (1968, 1988).

### **2.4.1.1 Tipos de movimiento**

Dentro de las clasificaciones más aceptadas, se encuentra las siguientes clases de movimientos en masa: caídas, vuelcos, deslizamientos, flujos, propagaciones laterales, reptaciones y deformaciones gravitacionales profundas (Figura 10).

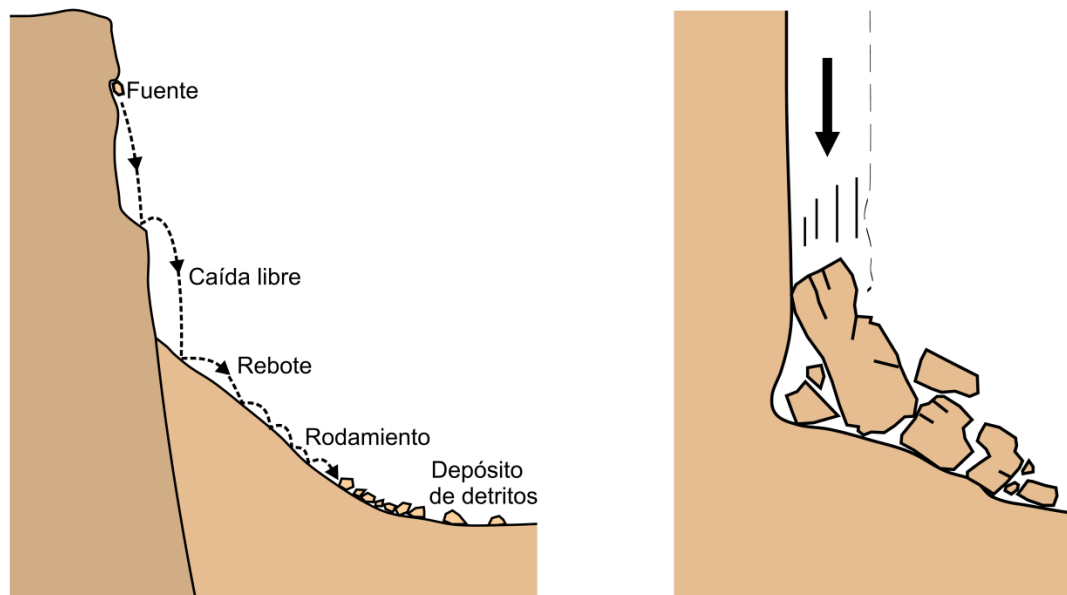
**Figura 10. Tipo y subtipo de movimientos en masa.**

<b>Tipo</b>	<b>Subtipo</b>
Caídas	Caída de roca (detritos o suelo)
Volcamiento	Volcamiento de roca (bloque) Volcamiento flexural de roca o del macizo rocoso
Deslizamiento de roca o suelo	Deslizamiento traslacional, deslizamiento en cuña Deslizamiento rotacional
Propagación lateral	Propagación lateral lenta Propagación lateral por licuación (rápida)
Flujo	Flujo de detritos Crecida de detritos Flujo de lodo Flujo de tierra Flujo de turba Avalancha de detritos Avalancha de rocas Deslizamiento por flujo o deslizamiento por licuación (de arena, limo, detritos, roca fracturada)
Reptación	Reptación de suelos Soliflucción, geliflucción (en permafrost)
Deformaciones gravitacionales profundas	

Fuente: Tomado de Proyecto Multinacional Andino, 2007.

**Caídas (Fall):** Es un tipo de movimiento descendiente brusco, en el cual uno o varios bloques de suelo o roca se desprenden de una ladera empinada o acantilado, sin que a lo largo de esta superficie ocurra desplazamiento cortante apreciable. El material que cae suele golpear el talud inferior en un ángulo menor que el ángulo de caída, lo que hace que rebote, (USGS, 2008). El movimiento (Figura 11) es muy rápido a extremadamente rápido (Cruden y Varnes, 1996), PMA, 2007.

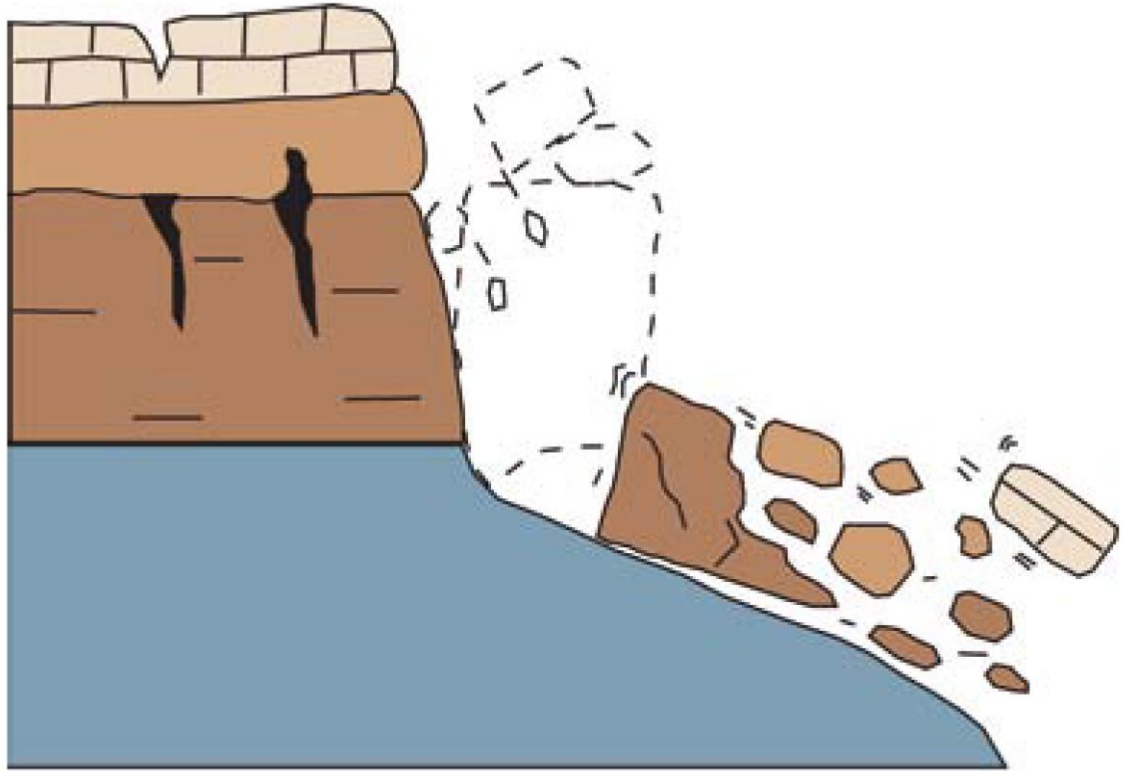
**Figura 11. Esquema de caída de rocas.**



Fuente: Tomado de Proyecto Multinacional Andino, 2007.

**Volcamiento (Toppling):** 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, por debajo del centro gravedad de la masa desplazada. A veces el volcamiento (Figura 12) es impulsado por la gravedad ejercida por el peso del material que se encuentra pendiente arriba, el agua o hielo en grietas de la masa (USGS, 2008). El volcamiento puede ser en bloque, flexional (o flexural) y flexional del macizo rocoso (PMA, 2007).

**Figura 12. Esquema de Volcamiento.**

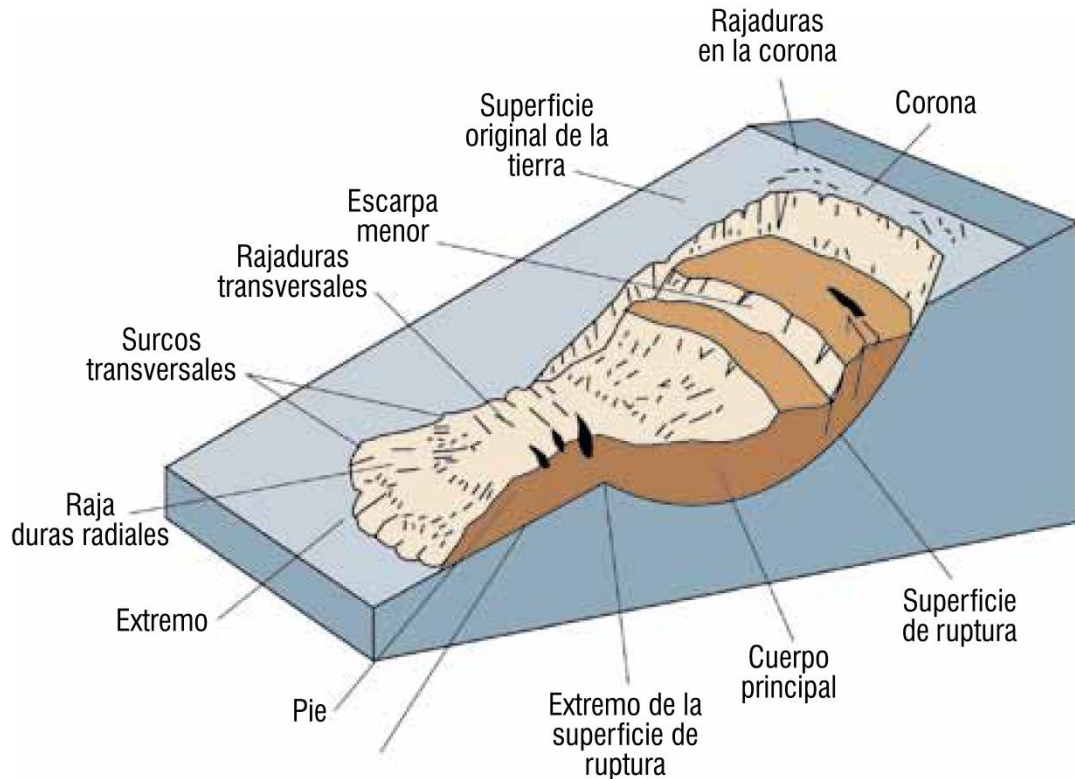


Fuente: Tomado de Servicio Geológico de los EEUU, 2008.

**Deslizamiento (Slide):** Movimiento ladera abajo de una masa de suelo o roca (Figura 13) cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de falla, o de una delgada zona en donde ocurre una gran deformación cortante (PMA, 2007).

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 (PMA, 2007).

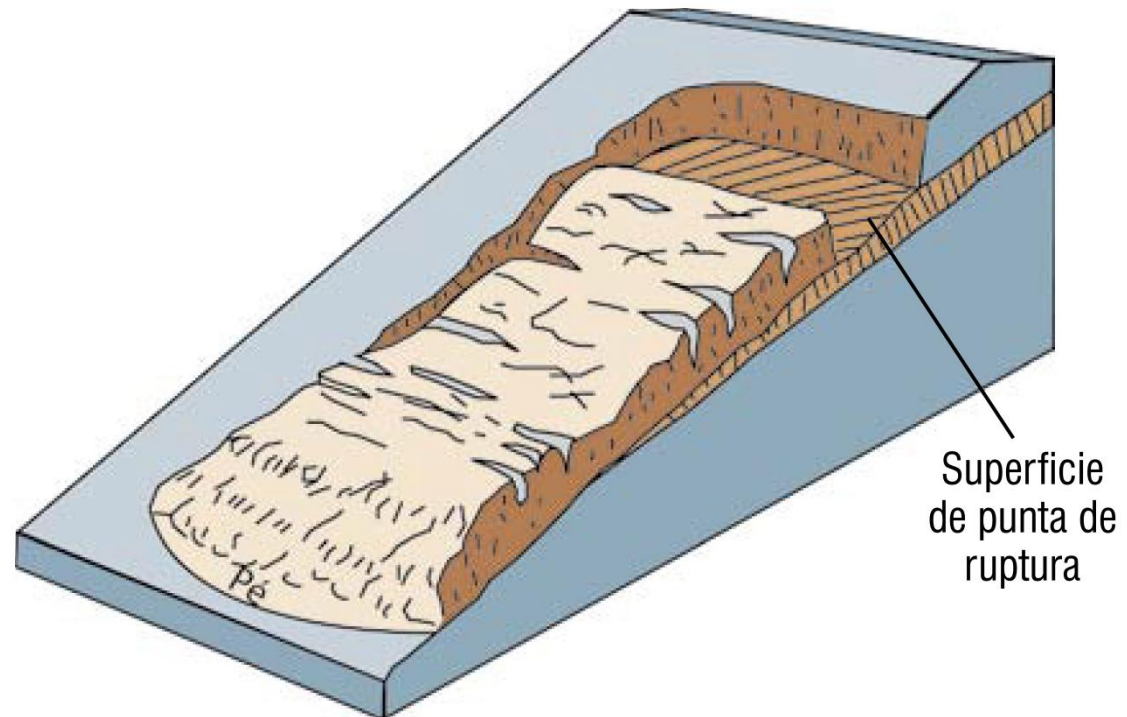
**Figura 13. Esquema de deslizamiento rotacional y sus partes.**



Fuentes: Tomado de Servicio Geológico de los EEUU, 2008.

**Deslizamiento traslacional (Translational slide):** Es un tipo de deslizamiento (Figura 14) en el cual la masa se mueve hacia afuera, o hacia abajo y hacia afuera, a lo largo de una superficie de falla relativamente plana u ondulada. En general, este movimiento suele ser más superficial que el rotacional 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). La velocidad de los movimientos traslacionales puede variar desde rápida a extremadamente rápida (PMA, 2007).

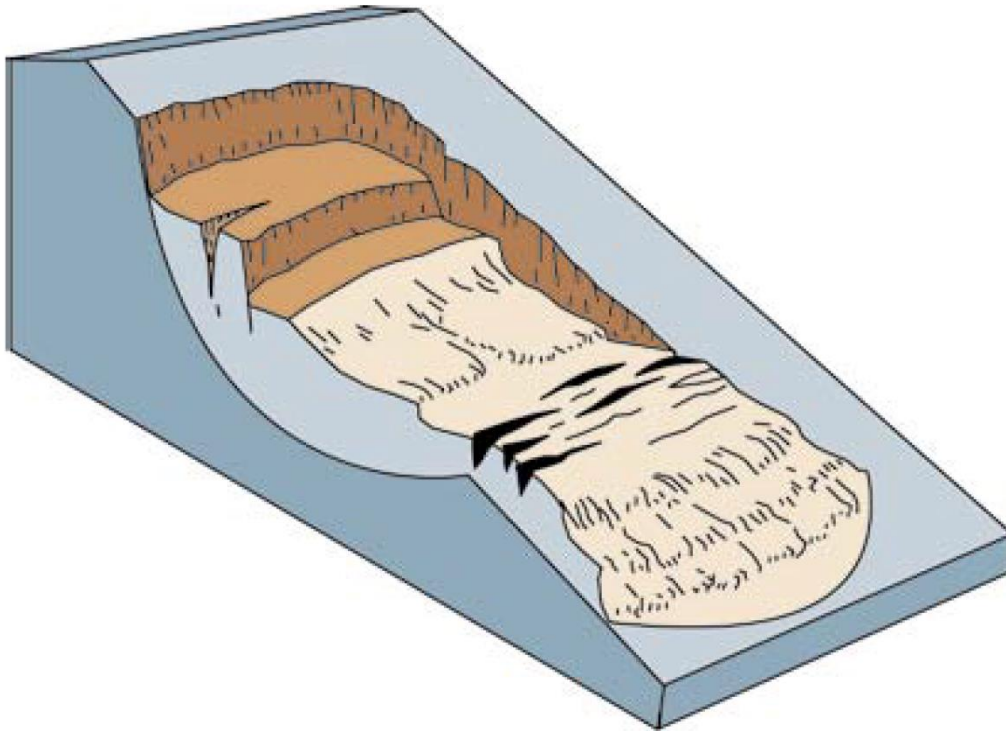
**Figura 14. Esquema de deslizamiento Traslacional.**



Fuente: Tomado de Servicio Geológico de los EEUU, 2008.

**Deslizamiento rotacional (Rotational slide, Slump):** Es un tipo de deslizamiento (Figura 15) en el cual la masa se mueve a lo largo de una superficie de falla curva y cóncava, el deslizamiento es más o menos de rotación alrededor de un eje que es paralelo al contorno de la ladera. 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 (PMA, 2007). En ciertas circunstancias, la masa desplazada puede moverse como una masa relativamente cohesionada a lo largo de la superficie de ruptura con poca deformación interna (USGS, 2008).

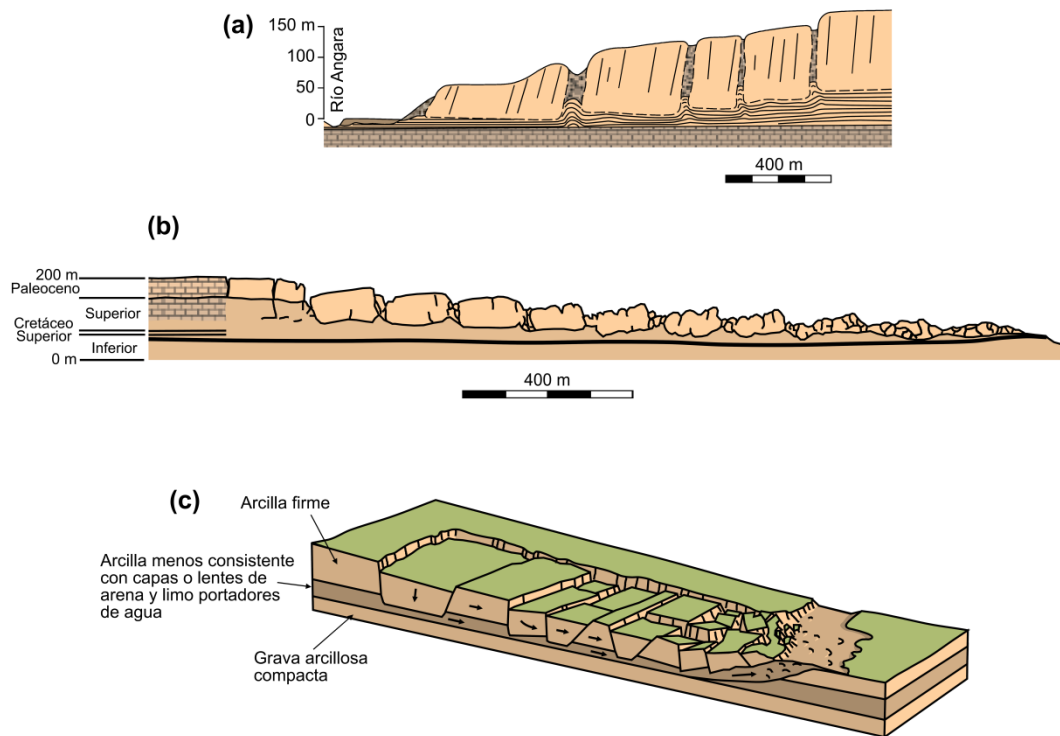
**Figura 15. Esquema deslizamiento Rotacional.**



Fuente: Tomado de Servicio Geológico de los EEUU, 2008.

**Propagación lateral (Lateral, Spread):** La propagación o expansión lateral (Figura 16) es un tipo de movimiento en masa que suele ocurrir en las pendientes muy suaves o terrenos esencialmente planos y cuyo desplazamiento ocurre predominantemente por deformación interna (expansión) del material. Varnes (1978) distingue dos tipos de propagación, uno en que el movimiento afecta a todo el material sin distinguirse la zona basal de cizalla, típico de masas rocosas, y otro que ocurre en suelos cohesivos que sobreyacen a materiales que han sufrido licuefacción o a materiales en flujo plástico (PMA, 2007).

**Figura 16. Esquemas de Propagación Lateral.**

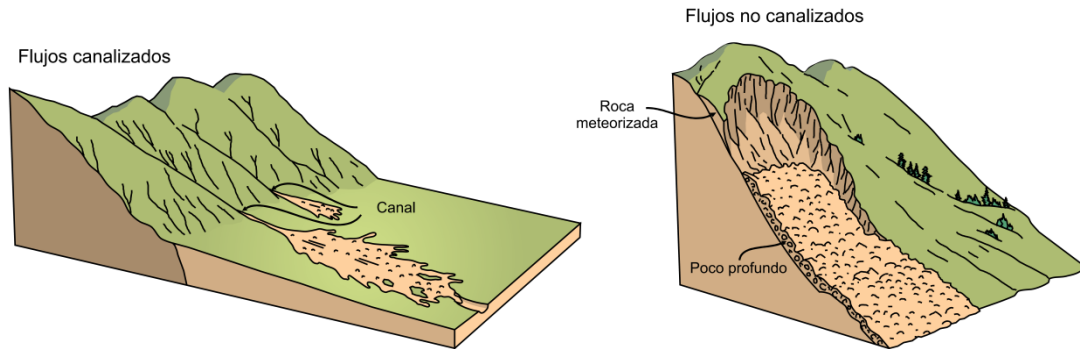


Fuente: Tomado de Proyecto Multinacional Andino, 2007.

**Flujos (Flow):** Es un tipo de movimiento en masa (Figura 17) que durante su desplazamiento exhibe un comportamiento semejante al de un fluido; puede ser rápido o lento, saturado o seco (PMA, 2007).

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 (PMA, 2007).

**Figura 17. Esquemas de Flujos.**



Fuente: Tomado de Proyecto Multinacional Andino, 2007.

- Flujos secos: Flujo de material granular, que no necesita un contenido de agua para su generación.
- Flujo de detritos (Debris flows): Es un flujo muy rápido a extremadamente rápido de detritos saturados, no plásticos (Índice de plasticidad menor al 5%), que transcurre principalmente confinado a lo largo de un canal o cauce con pendiente pronunciada. Un ejemplo característico de este tipo de flujos son los *Lahares* (PMA, 2007).
- Crecida de detritos (Debris floods): Flujo muy rápido de una crecida de agua que transporta una gran carga de detritos a lo largo de un canal, usualmente también llamados flujos hiperconcentrados (Hungry et al., 2001). Los depósitos de crecidas de detritos están compuestos comúnmente por mezclas de arena gruesa y grava pobremente estratificada (PMA, 2007).
- Flujos de tierra (Earth flow): Es un movimiento intermitente, rápido o lento, de suelo arcilloso plástico (Hungry et al., 2001). Los flujos de tierra desarrollan velocidades moderadas, con frecuencia de centímetros por año, sin embargo, pueden alcanzar valores hasta de metros por minuto

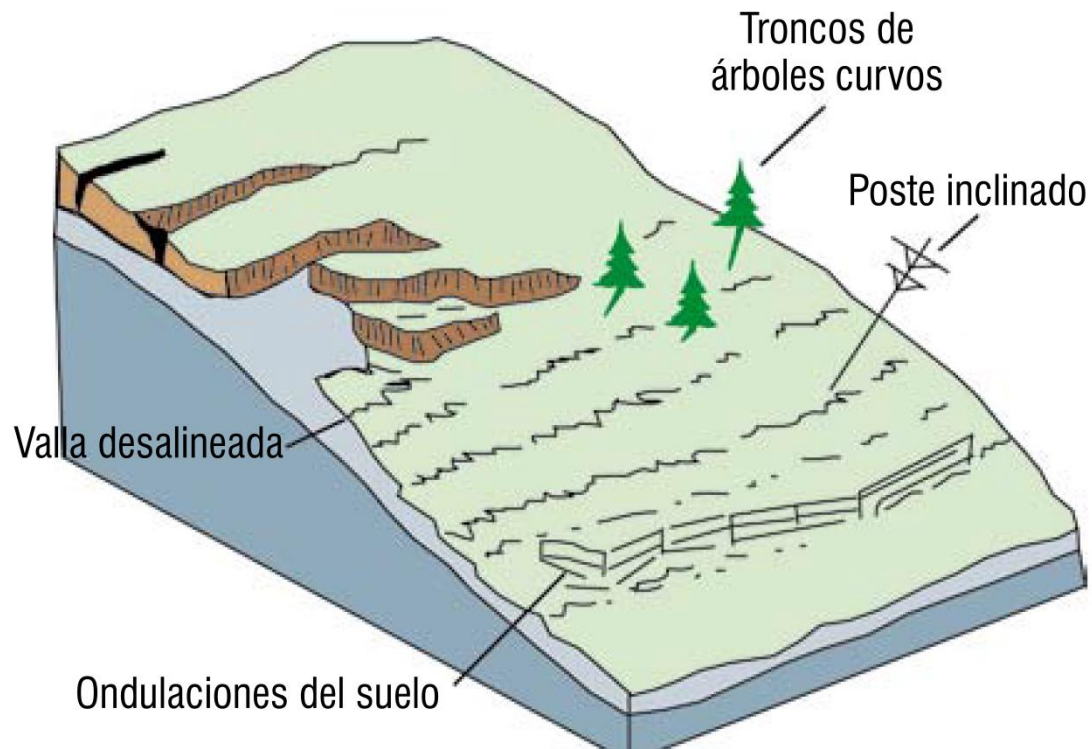
(Hutchinson, 1998). El volumen de los flujos de tierra puede llegar hasta cientos de millones de metros cúbicos (PMA, 2007).

- Deslizamiento por flujo (deslizamiento por licuación) (Flow slide): El término flow slide fue introducido por Casagrande (1936), para designar deslizamientos que en fases posteriores a su iniciación se comportan como un flujo, como resultado de licuación (Varnes, 1978). Hungr et al. (2001) lo definen como flujo muy rápido o extremadamente rápido de una masa de suelo con estructura granular ordenada o desordenada. Ocurre en taludes de pendiente moderada e involucra un exceso de presión de poros o licuación del material en la zona donde se origina el movimiento en masa (PMA, 2007).
- Avalancha de detritos (debris avalanches): Flujo no canalizado de detritos saturados o parcialmente saturados, poco profundos, muy rápidos a extremadamente rápidos. Estos movimientos comienzan como un deslizamiento superficial de una masa de detritos que al desplazarse sufre una considerable distorsión interna y toma la condición de flujo (PMA, 2007).
- Avalancha de rocas (rock avalanches): Las avalanchas de rocas son flujos de gran longitud extremadamente rápidos, de roca fracturada, que resultan de deslizamientos de roca de magnitud considerable (Hungr et al., 2001). Pueden ser extremadamente móviles y su movilidad parece que crece con el volumen (PMA, 2007).

**Reptación:** La reptación (Figura 18) 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 solifluxión y la gelifluxión, este último término reservado para ambientes periglaciales (PMA, 2007).

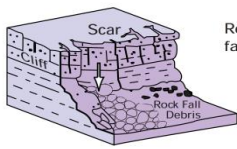
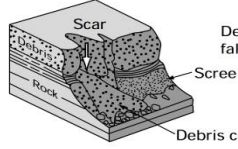
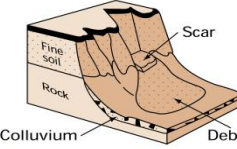
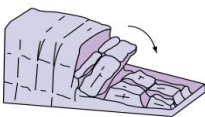
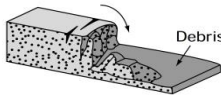
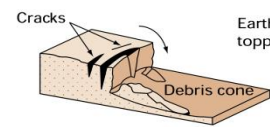
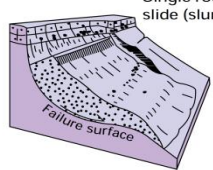
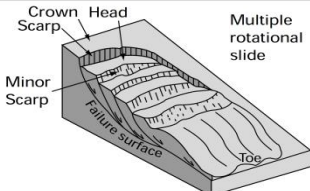
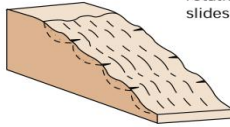
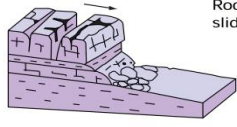
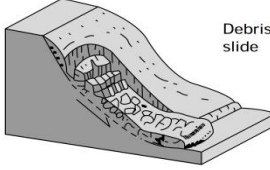
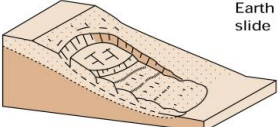
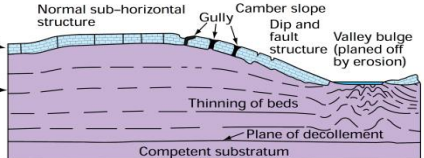
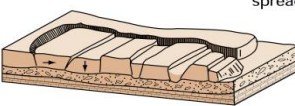
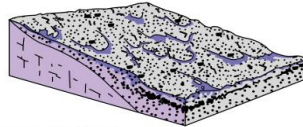
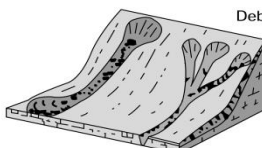
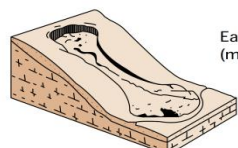
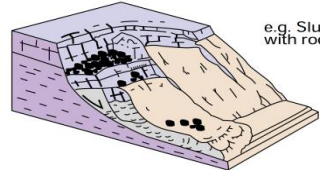
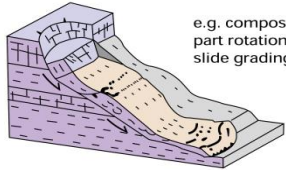
**Figura 18. Esquema de Reptación.**



Fuente: Tomado de Servicio Geológico de los EEUU, 2008.

**Deformaciones gravitacionales profundas:** Estos tipos de movimientos presentan rasgos de deformación, pero sin el desarrollo de una superficie de ruptura definida y usualmente con muy baja magnitud de velocidad y desplazamiento (PMA, 2007).

**Figura 19. Esquemas donde se muestra cada tipo y subtipo de movimiento en masa (MM).**

Material		ROCK	DEBRIS	EARTH
Movement type				
FALLS		 <p>Rock fall</p>	 <p>Debris fall Scree Debris cone</p>	 <p>Earth fall Fine soil Colluvium Debris cone</p>
	TOPPLES	 <p>Rock topple</p>	 <p>Debris topple Debris cone</p>	 <p>Earth topple Cracks Debris cone</p>
SLIDES	Rotational	 <p>Single rotational slide (slump) Failure surface</p>	 <p>Multiple rotational slide Crown Head Scarp Minor Scarp Failure surface Toe</p>	 <p>Successive rotational slides</p>
	Translational (Planar)	 <p>Rock slide</p>	 <p>Debris slide</p>	 <p>Earth slide</p>
SPREADS	 <p>e.g. cambering and valley bulging</p>			 <p>Earth spread</p>
FLOWS	 <p>Solifluction flows (Periglacial debris flows)</p>	 <p>Debris flow</p>		 <p>Earth flow (mud flow)</p>
COMPLEX	 <p>e.g. Slump-earthflow with rockfall debris</p>		 <p>e.g. composite, non-circular part rotational/part translational slide grading to earthflow at toe</p>	

Fuente: Tomado de British Geological Survey, (1999).

## 2.5 METODOLOGIA HEURISTICA

Es un método indirecto, basado en categorizar y dar un valor a los factores causantes de inestabilidad, relacionado a los movimientos en masa. Para esta metodología se pueden aplicar dos tipos de análisis: una basada en la geomorfología y la otra asociada a un mapa de combinación cualitativo. Esta metodología tiene presente más la subjetividad de quien lo realiza por lo cual es difícil comparar dos trabajos del mismo tipo. Para este método se tiene en cuenta el AHP (Procesos de Análisis Jerárquico).

### 2.5.1 Proceso de análisis jerárquico (ahp)

Es un método semicualitativo que compara datos de expertos, partiendo de una matriz de atributos que contribuyen a los movimientos en masa. Para lo cual: se debe definir el problema y el conocimiento que se requiere; jerarquizarlo; realizar una comparación de matrices por pares; utilizar las prioridades obtenidas y utilizar una escala de número que indique la importancia de un elemento sobre otro.

### 3 GENERALIDADES

#### 3.1 GEOLOGÍA REGIONAL PLANCHA 110-PAMPLONA

El área de estudio se ubica en la región de la cordillera oriental de los Andes, en el noreste de Colombia. De rumbo nor-oriental, cambia bruscamente nor-noroeste en el área de trabajo, para luego bifurcar alrededor del extremo sur de la cuenca de Maracaibo. Esta sección es conocida como Macizo de Santander (Ward et al., 1973).

Según el mapa de Terrenos Geológicos de Colombia (Etayo, 1983) se encuentra ubicada en el Terreno Santander, caracterizado por presentar un fallamiento en bloques. Se observan fallas inversas y de rumbo producto de una fase compresiva debido al levantamiento de la cordillera oriental. Las fallas de Chitagá, Morro Negro (de rumbo), Pamplona, Mutiscua y Bábega al oriente y la fallas del Rio Charta, Tona, La Cristalina y Surata al occidente, son las más representativas.

La plancha se compone de rocas como neises félsicos, e intrusivos sintectónicos, anfibolitas y esquistos pelíticos del Precámbrico; sedimentitas pelíticas, samíticas y calcáreas metamorfoseadas a facies esquistos verde-anfibolita, del paleozoico. Rocas magmáticas ácidas a intermedias jurásicas y rocas sedimentarias como areniscas (conglomeráticas, guijosas y glauconítica), calizas masivas fosilíferas, shales negros, arcillolitas y depósitos de aluvión, coluvión y glaciáricos, del Cenozoico.

### 3.1.1 Estratigrafía

**Tabla 6. Tabla que muestra las unidades geológicas presentes en la plancha 110-Pamplona.**

PERIODO	EPOCA	FORMACION	
		NOMBRE	SIMBOLO
CUATERNARIO	HOLOCENO	Aluvión	Qal
		Coluvión, Talud, Derrumbes	Qd
	PLEISTOCENO	Terraza y cono de deyección	Qtf
		Depósito Glaciárico	Qg
TERCIARIO	EOCENO	Formación Mirador	Tam
	PALEOCENO	Formación Los Cuervos	Tpic
		Formación Barco	Tpb
CRETÁCICO	SUPERIOR	Formación Umir	Ksu
		Formaciones Colón y Mito Juan	Kscm
		Formación la Luna	Ksl
	INFERIOR	Formación Capacho	Kic
		Formación Simití	Kis
		Formación Tablazo	Kit
		Formación Aguardiente	Kia
		Formación Paja	Kip
		Formación Tibú y Mercedes	Kitm
		Formación Rosa Blanca	Kir
Formación Tambor	Kita		
JURÁSICO		Formación Girón	Jg
		Granito de Pescadero	JRgp
			JRcs
			JRcl
			JRcg
			JRcgp
TRIÁSICO		Formación Bocas	TRb
			TRt
			TRtgd
CARBONÍFERO-PÉRMICO		Formación Diamante	PCd

DEVÓNICO		Granito de Durania	dg
		Formación Floresta	Df-Dfm
PRE-DEVÓNICO		Ortoneis	PDo- PDod
		Formación Silgará	PDs- PDsm
PRE-CÁMBRICO		Neis de Bucaramanga	Pcab- PCabh

Fuente: Tomado y modificado de Ingeominas (1970).

- **Neis de Bucaramanga (Pcab-PCabh)**

Secuencia estratificada de rocas metasedimentarias de alto grado de metamorfismo. Consiste en mata-pelitas, semi-pelitas y meta-areniscas intercaladas con capas delgadas locales de rocas calcosilicatadas y mármol. El neis hornbléndico y la anfibolita están subordinados y restringidos a zonas cercanas a los horizontes calcosilicatados. Este incluye también zonas con dos tipos de migmatita. La primera (PCab) consiste en paraneis y pocos esquistos, presencia de metamorfismo de alto grado y localmente con masas pequeñas de ortoneis; la segunda (PCabh) consiste en PCab con neis biotítico-hornbléndico y numerosas masas pequeñas de ortoneis. (Ward et al., 1973).

- **Formación Silgará (PDs-PDsm)**

Secuencia de rocas clásticas metamorfoseadas, de grado metamórfico medio a alto, delgadas y cíclicamente estratificada, se compone de pizarra, esquisto micáceo, esquisto cuarzo moscovítico con granate, cuarcita, filita, meta-limolita, meta-arenisca impura, meta-waca y meta-waca guijarrosa con menos cantidades de pizarra y filita calcárea. El (PDs) se compone de filita, esquisto y cuarcita y el (PDsm) equivale a mármol. (Ward et al., 1973).

- **Ortoneis (PDo-PDod)**

De composición cuarzo feldespática, no estratificadas, de estructura néisica marcada, con presencia de lineación (foliación) y de inclusiones innatas. Las rocas van desde granito a tonalita y diorita, pero con predominancia de

Cuarzomonzonita y granodiorita. Con una distribución bimodal débil de la abundancia de plagioclasa, feldespato de potasio y moscovita. EL (Pdo) se compone de neis cuarzo monzonítico y granodiorítico; el (PDod) es neis tonalítico y diorítico. (Ward et al., 1973).

- **Formación Floresta (Df-Dfm)**

La formación Floresta ligeramente metamorfoseada cubre la formación Silgará, se observa un grado muy bajo de metamorfismo y aumenta hasta un grado más alto, que se conserva dentro de las facies del esquisto verde. Se compone de filitas pizarrosas grafiticas de color oscuro, asociadas con mármol; pizarras negras filíticas y grafiticas con intercalaciones menores de meta-areniscas. (Df) corresponde a limolita, lutita de color gris amarillento, filíticas y areniscas de grano fino; el (Dfm) contiene Mármol. (Ward et al., 1973).

- **Granito de Durania (dg)**

Granito blanco moscovítico que forma plutones pequeños e intrusiones equigranulares, de grano medio a grueso y ligeramente néisico, con un grado de meteorización alto. Constituido principalmente por cuarzo, microclina y plagioclasa (albita y oligoclasa sódica) y minerales accesorios como granate, turmalina, óxidos de hierro y zircón. (Ward et al., 1973).

- **Formación Diamante (PCd)**

Compuesta por areniscas de grano fino a medio, color purpura oscuro a gris purpura oscuro de dureza variable e intercalaciones de arcillolita. Algunas areniscas son feldespáticas, micáceas y conglomeráticas. En la parte media tiene shale gris oscuro con intercalaciones de caliza y arcillolitas gris verdoso. Presencia de caliza cristalina de grano fino a medio, ligeramente arcillosa, de color gris oscuro en la parte superior. (Ward et al., 1973).

- **Formación Bocas (TRb- TRt- TRtgd)**

Se compone en general por limolita oscura, gris verdosa a marrón rojiza, ligeramente calcárea, shale gris oscuro y gris, calcáreo a no calcáreo y arcillolita gris oscura, calcárea, ligeramente micácea. La (TRb) compuesta de calizas y areniscas de color gris a gris parduzco hacia su base, además de limolita oscura, el shale y la arcillolitas son pocos resistentes a la meteorización. El (TRt) por Tonalita y la (TRtgd) por Tonalita y Granodiorita. (Ward et al., 1973).

- **Granito de Pescadero (JRgp-JRcs-JRcl-JRcg-JRcgp)**

Es un granito leucocrático rosado naranja, de grano fino a muy fino, equigranular a ligeramente porfirítico con fenocristales de feldespato potásico. Presenta minerales de albita, ortoclasa, micropertita y cuarzo; accesorios como óxidos de hierro, moscovita, biotita, zircón y apatito. Presenta cierta variación:

JRgp: Granito rosado y alaskita de grano fino a medio.

JRcs: Cuarzo Monzonita Santa Bárbara; biotítica, rosada, de grano grueso.

JRcl: Cuarzo Monzonita La Corcova; biotítica, gris de grano fino.

JRcg: Cuarzo monzonita y granito, biotítica y moscovítico, gris claro a rosado pálido, de grano medio.

JRcgp: Cuarzo Monzonita, aplita y pórfido. (Ward et al., 1973).

- **Formación Girón (Jg)**

Conjunto grueso de areniscas conglomeráticas, areniscas feldespáticas a arkósicas, conglomerados de color gris amarillento a pardo rojizo, masivos y lenticulares; limolitas color marrón rojizo. (Ward et al., 1973).

- **Formación Tambor (Kita)**

Comprende areniscas conglomeráticas cerca de la base, guijos de limolita y cuarzo. Su parte inferior se caracteriza por presentar limolita y arenisca parda roja; hacia la parte superior areniscas cuarzosa, clara, con capas conglomeráticas. (Ward et al., 1973).

- **Formación Rosa Blanca (Kir)**

Compuesta por caliza masiva, dura gris azulosa, fosilífera, de textura gruesa, con muchas capas margosas, que pasan a caliza de textura muy fina, negra y arcillosa hacia el tope, de un espesor aproximado de 425m. Presencia de shale negro, fisil, ligeramente micáceo, calcáreo, limoso y fosilífero cerca de la base. (Ward et al., 1973).

- **Formación Tibú y Mercedes (Kitm)**

En la base Tibú tiene areniscas guijosas de grano grueso, encima encontramos caliza fosilífera, densa y gris con unas pocas capas de shale y areniscas de grano fino. Mercedes consiste de intercalaciones de caliza, shale y arenisca. El shale es gris oscuro a negro, micáceo y carbonáceos. Las areniscas son grises de grano fino a medio, comúnmente glauconíticas y algunas muy calcáreas. La caliza y shale predominan en el tope. (Ward et al., 1973).

- **Formación Paja (Kip)**

Constituida por shales negros micáceos, limosos, ligeramente calcáreos y delgadamente laminados. En la parte inferior se observan concreciones de caliza, nódulos septáreos y venas de calcita. (Ward et al., 1973).

- **Formación Aguardiente (Kia)**

Consiste en arenisca blanca amarillenta a gris amarillenta, clara, dura, de grano fino a medio, feldespática, micácea, conglomerática y con estratificación cruzada. Se observa shale carbonáceo, micáceo, fisil, en capas delgadas de espesores aproximados de 70 cm. (Ward et al., 1973).

- **Formación Tablazo (Kit)**

Consiste en calizas de estratificación gruesa, gris, arenosa a arcillosa, extremadamente fosilífera en la parte superior y margas o calizas arcillosas en la parte inferior, presencia de arenisca de grano fino y shale gris oscuro. (Ward et al., 1973).

- **Formación Simití (Kis)**

Consiste en shale blando, laminado, carbonáceo, de gris a negro, localmente calcáreo y concrecional. Estas concreciones tienen un tamaño de 3m y abundan hacia la parte superior de la formación. Cerca al tope se observan delgadas bandas conglomeráticas con guijos pequeños, nódulos fosfáticos, caliza gris arenosa a arcillosa, fosilífera y arenisca de grano fino. (Ward et al., 1973).

- **Formación Capacho (Kic)**

Se observan tres divisiones: el miembro Guayacán constituido por calizas gris marrón, fosilífero, en capas masivas con intercalaciones de shale gris oscuro a negro, no calcáreo, parcialmente limoso y micáceo. El miembro Medio con shale gris oscuro a negro no calcáreo, con pocas capas de limolitas y caliza gris arcillosa, fosilífera. El Miembro Inferior compuesto por shale negro de estratificación delgada muy calcáreo, bituminoso, con foraminíferos y caliza gris oscura. (Ward et al., 1973).

- **Formación la Luna (Ksl)**

Contiene caliza carbonácea y bituminosa, gris oscura a negra, dura, en capas horizontales uniformes, cherts negros con intercalaciones de shale negro hacia la base. Areniscas calcárea gris oscura, de grano fino, dura. Presencia de nódulos de chert y concreciones discoidales de caliza negra, dura. (Ward et al., 1973).

- **Formación Colón y Mito Juan (Kscm)**

Consiste en shale gris oscuro a negro, duro, localmente pirítico, conchoide e irregularmente fracturado. Con shales limosos a arenosos que aumentan hacia arriba a limolita y arenisca de grano muy fino. Presencia de lentes delgados y pequeñas masas nodulares de arcilla "ironstone" marrón son comunes. Pocas capas delgadas de caliza gris, ferruginosa, glauconítica, dura y densa hacia la parte superior. Alto contenido fósil (foraminíferos). (Ward et al., 1973).

- **Formación Umir (Ksu)**

Hacia la parte inferior se observan shales gris azulosos a negros, con laminaciones carbonáceas y micáceas. En la parte superior contiene shale blando, gris oscuro a gris verdoso, con unas capas de arenisca dura de grano fino y delgados mantos de carbón. Además se encuentran capas delgadas y pequeñas concreciones de arcilla marrón, con “ironstones”. (Ward et al., 1973).

- **Formación Barco (Tpb)**

Compuesta principalmente por arenisca, shale y arcillolita intercalados. La arenisca es principalmente gris, arcillosa, de grano fino a medio, muy calibrada con estratificación cruzada, localmente con abundantes láminas, micáceas, carbonáceas y láminas de shale. Los shales y arcillolitas intercalados son grises a gris oscuros, parcialmente limosos, micáceos y carbonáceos. Presencia de lentes delgadas y pequeños nódulos de arcilla “ironstone” marrón son comunes y unos mantos de carbón. (Ward et al., 1973).

- **Formación los Cuervos (Tpic)**

Principalmente arcillolita, siderítica, limosa, gris y gris verdosa y shale con escasas capas de arenisca. Hacia la parte inferior contienen shale gris oscuro carbonáceo y arcillolita intercalada con limolita micácea, carbonácea, arenisca de grano fino y carbón. (Ward et al., 1973).

- **Formación Mirador (Tam)**

Arenisca de grano fino a grueso, color claro, limpia, masiva, con capas conglomeráticas que contienen guijos de cuarzo. Hacia la parte inferior la arenisca es menos limpia y la estratificación más delgada. La estratificación cruzada y las marcas de oleaje son comunes. Las intercalaciones gris púrpuras de shale y limolita, son pocas y delgadas. (Ward et al., 1973).

- **Deposito Glaciárico (Qg)**

Depósitos de cantos de till, son de forma típicamente lineal a media luna y ocurren como morrenas a lo largo de los valles o como morrenas laterales y terminales que los flanquean y atraviesan. Los depósitos morrénicos están bien desarrollados y fácilmente accesibles. (Ward et al., 1973).

- **Terraza y Cono de Deyección (Qtf)**

Los depósitos de terraza están disectados y completamente fragmentarios, parece ser remanentes de depósitos aluviales más extensos. Los depósitos fluviales inferiores parecen derivarse principalmente de areniscas jurásicas y cretáceas. Los materiales que constituyen los depósitos coluviales deriva de roca parental muy meteorizada desde cuarcita dura, arenisca arkósica friable y neis feldespático muy blanco, casi saprolítico. (Ward et al., 1973).

- **Coluvión, Talud, Derrumbes (Qd)**

Los depósitos de deslizamiento son los más comunes en las pendientes fuertes. Los deslizamientos son un proceso activo y forman la mayor parte de esta unidad. Áreas con depósitos gruesos de deslizamiento, talud y corrientes de lodo. (Ward et al., 1973).

- **Aluvión (Qal)**

Conformada por depósitos aluviales que están distribuidos a lo largo de los valles de las principales corrientes. Se consideran holocénicos o muy recientes. (Ward et al., 1973).

### 3.1.2 Geología estructural

La cordillera oriental de Colombia, de basamento precámbrico con rumbo nor-oriental, se desvía de manera brusca al nor-noroeste. La plancha 110-Pamplona se encuentra ubicada en la sección de la cordillera oriental denominada macizo de Santander, en el costado oeste de la Falla de Bucaramanga. Dominada por un

estilo estructural de fallamiento inverso, con rumbo norte-noreste paralelo a la orientación de los esfuerzos.

La Falla de Bucaramanga divide el área en dos grandes provincias estructurales, la región de Mesa-meseta-cuenca, al oeste y el Macizo de Santander. El área de estudio se ubica en la parte central de la provincia del Macizo de Santander, entre los flancos oriental y occidental. A continuación se describe cada una de las estructuras y lineamientos presentes en la plancha 110-Pamplona.

### 3.1.2.1 Área occidental

- **Falla la Cristalina**

Falla inversa de dirección norte-noroeste, pone en contacto rocas sedimentarias del Cretácico Inferior al Superior en el este en contacto con ortoneis pre-Devónico y la Formación Silgará, en el oeste. Aparentemente está desplazada por fallas transversales en varios sitios. El desplazamiento vertical máximo de la falla se estima en por lo menos, 1400m. (Ward et al., 1973).

- **Falla de Tona**

Falla inversa de dirección sur a sur-suroeste a través de rocas metamórficas del pre-Devónico, excepto por un segmento de 3 km cerca de la parte media, donde las formaciones Girón y Tambor del sinclinal Picacho en el este, se hallan en contacto con la Formación Silgará y Cuarzomonzonita del lado oeste levantado. Presenta un ligero desplazamiento hacia el oeste, con un desplazamiento vertical mínimo estimado de 300 m. (Ward *et al.*, 1973).

- **Falla de Suratá**

Falla que se extiende hacia el noreste, paralela a río Suratá, es la más grande del flanco occidental. Se estima un desplazamiento vertical de 2100 m. hacia la parte más norte presenta un rumbo norte, donde la formación Girón cubre a la misma, sobre el lado occidental. (Ward et al., 1973).

- **Sinclinal del Picacho**

Presenta rocas sedimentarias de las formaciones Girón, Tambor y Rosa Blanca, con unos 12 km de norte a sur y menos de 5 km de ancho. (Ward et al., 1973).

### 3.1.2.2 Área Oriental

- **Falla de Mutiscua**

Falla que relaciona bloques levantados y hundidos, se extiende desde el límite norte de la plancha hacia el sur cerca de Mutiscua, donde es desplazada por fallas transversales. Corta rocas Pre-Devónicas poniendo en contacto con rocas Pérmicas y presenta un desplazamiento vertical mínimo de aproximadamente de 1000 m, debido al fallamiento post-cretáceo. (Ward et al., 1973).

- **Falla la Laguna**

Falla con rumbo sur y sur-suroeste desde el este de Mutiscua. Pone en contacto rocas del cretáceo del lado este en contacto con rocas del pre-Cretáceo al oeste. (Ward et al., 1973).

- **Falla de Socotá y Angosturas**

De dirección sur, paralelas, exponen rocas principalmente del Jurásico y del Cretáceo inferior. La falla Socotá se extiende desde su intersección con la falla la Laguna hacia el sur a lo largo de la pendiente oeste de la Cuchilla de Socotá. Y presenta un desplazamiento vertical de 1500 m. (Ward et al., 1973).

- **Falla Morro Negro**

Falla que presenta un trazo en arco amplio desde el límite norte hacia el sur, al área de Mutiscua y luego hacia el sureste hasta donde intercepta y desplaza la Falla de Chitagá. En la mitad sur de la falla, de dirección sureste presenta movimiento lateral izquierdo, está indicado por un desplazamiento de cerca de 1km en la Falla de Chitagá. Sin embargo puede ser un desplazamiento aparente debido al desplazamiento vertical de las componentes de buzamiento más que verdaderos desplazamientos debidos a movimiento lateral. Pone en contacto

rocas Pre-Devónicas con rocas del Cretácico Superior e Inferior. El desplazamiento vertical mínimo es de unos 2300 m aproximadamente. (Ward et al., 1973).

- **Falla de Bábega**

La falla se extiende al suroeste hasta más allá de Bábega, posiblemente continuando hasta terminar contra la Falla de Socotá en la quebrada El Oso. Hacia el oriente del río angosturas el trazo irregular de la falla presenta un fuerte buzamiento al este. Corta rocas Pre-Devónicas y pone en contacto con rocas Jurásicas y Cretácicas. Presenta un desplazamiento vertical mínimo de aproximadamente 2300 m. (Ward et al., 1973).

- **Falla de Pamplona**

Esta falla se extiende en el área de estudio desde el norte y continúa con dirección sur a sur-suroeste al oeste de Pamplona, para terminar en la falla Morro Negro. Pone en contacto rocas del Pre-Devónico con rocas del Cretácico. Hacia el noroeste de Pamplona la falla presenta un desplazamiento vertical aproximado de 2000-2500 m. (Ward et al., 1973).

- **Falla de Chitagá**

Es la falla más grande y larga del flanco, de dirección sureste en la parte noreste, desviando al suroeste hacia el río Chitagá, siguiendo el amplio arco de este río. Pone en contacto rocas Pre-Cámbricas con rocas Jurásicas, Triásicas y Cretácicas. Presenta un desplazamiento vertical mínimo de aproximadamente 2300 m. (Ward et al., 1973).

- **Sinclinal de Carbonera**

Este sinclinal está formado por rocas del Terciario, de estructura angosta, con su eje a lo largo de la quebrada del mismo nombre. (Ward et al., 1973).

- **Sinclinal de Pamplonita**

Compuesto por rocas de Jurásico, Cretáceo y Terciario hasta la Formación Los Cuervos. Su eje no está claramente definido a causa del fallamiento complicado presente en la zona. (Ward et al., 1973).

### 3.1.2.3 Área Central

- **Falla del rio Cucutilla**

Lineamiento muy notorio al norte. Su trazo viene desde la parte norte-central dirigiéndose al suroeste para cruzar el rio Vetas y páramo Rico donde intersecta a la falla de Charta. Pero presenta a lo largo de las mismas, ramificaciones volviéndose confusa. El desplazamiento es indeterminado debido a que corta rocas similares. Corta rocas Pre-Cámbricas y el algunos sectores pone en contacto con rocas Triásicas y Pre-Devónicas. (Ward et al., 1973).

- **Falla del rio Charta**

Falla en arco de dirección noroeste a este, al sureste y este de Charta muestra poco desplazamiento vertical aparente, pero apreciable desplazamiento horizontal lateral izquierdo. Corta rocas Pre-Devónicas y pone en contacto en algunos sectores con rocas de edad Triásica. (Ward et al., 1973).

- **Falla Ventanas**

Falla inversa, con buzamiento suave desplazada por otra cuyo buzamiento es más fuerte, cortada por una falla normal a lo largo del rio Caraba. Atraviesa rocas Pre-Devónicas. (Ward et al., 1973).

- **Falla de Servitá**

Ubicada hacia el sur, tiene su terminación sobre la falla de Bábeiga, presenta ligeras desviaciones hacia el sur. Presenta un desplazamiento vertical de aproximadamente 3000 m. Pone en contacto rocas Pre-Devónicas y Cretácicas con Jurásicas. (Ward et al., 1973).

### **3.2 CARACTERÍSTICAS CLIMATOLÓGICAS DE LA PLANCHA 110- PAMPLONA**

El clima es el resultado de la combinación de muchos factores atmosféricos, como la temperatura, humedad, presión y vientos. De la distribución de los mismos depende en buena parte la vegetación, los tipos de suelo, los procesos denudativos y los regímenes hidrológicos. Nuestro país se encuentra localizado en la zona ecuatorial y el sistema montañoso conformado principalmente por la cordillera de Los Andes la que le confiere una variedad topográfica, donde se encuentran las selvas húmedas, las llanuras tropicales, los páramos y las nieves perpetuas. Por lo tanto, las variaciones climáticas no obedecen a estaciones, sino a variaciones altitudinales, donde la temperatura desciende aproximadamente 6°C por cada 1.000 metros de ascenso; a nivel del mar, la temperatura alcanza los 30°C.

Los pisos térmicos del área se caracterizan por presentar un cambio altitudinal de la exposición a la radiación solar, generando variedad en los mismos. La región expone pisos cálidos con una temperatura media anual >25°C, templados con una temperatura entre 18°C y 24°C, frío con temperaturas entre los 10°C y 17°C y muy frío o páramo con temperaturas <10°C. La topografía abrupta de la zona es caracterizada por presentar fluctuaciones en la altitud, va desde alturas de 1500 metros, hasta alturas superiores a los 3700 metros en los sectores de páramos.

La superficie de la plancha 110-Pamplona cuenta con una extensión considerable de páramo (Páramo de Berlín y Santurban), se caracteriza por ser frío a extremadamente frío con moderadas precipitaciones, temperaturas mínimas por debajo de 0°C y máximas que superan los 15°C. La humedad relativa se mantiene generalmente alta (por encima de 83%) y el promedio mensual rara vez baja del 73%. El régimen de precipitación es bimodal, con periodos de alta precipitación

---

entre los meses de abril-mayo y septiembre-noviembre aproximadamente, con valores que varían entre 700mm anuales (Sector Paramo Berlín) y 2.000 mm (Sector Paramo Loma Grande).

Debido al cambio altitudinal, la temperatura sobre el área de estudio presenta mucha alternancia y se relaciona de manera directa con la diversidad de pisos térmicos presentes. Es posible encontrar importantes cambio de temperatura durante el desplazamiento a lo largo de área de estudio, pasando de temperaturas tipo páramo a temperaturas mucho más cálidas.

## 4 ANTECEDENTES

Los estudios preliminares son fundamentales para tener un conocimiento acerca del contexto geológico y de los procesos encargados de modelar la superficie terrestre y que en la actualidad lo siguen haciendo. La pasantía de investigación requiere de información histórica o precedente, acerca de las variables involucradas (morfodinámica y morfogénesis) que permitan generar una idea previa de los resultados que se pueden encontrar del área de trabajo y que sean una herramienta complementaria para los estudios actuales.

Para lo cual, mediante la Fase 1: Trabajo de oficina, gestión técnica y diseño, se pudo evidenciar, la deficiencia en información acerca de estas variables, quedando demostrado que nuestro país cuenta con pocos estudios sobre geomorfología, inventarios y caracterización de movimientos en masa a escala 1:100.000. La poca información recolectada fue suministrada por las corporaciones autónomas regionales como: el CAS (Corporación Autónoma Regional de Santander) y CORPONOR (Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental); datos encontrados en los EOTS-POTS de los municipios del área de estudio e información encontrada en una búsqueda bibliográfica detallada. Una de las dificultades encontrada con la información recolectada, es la diferencia de escalas de análisis, lo que complica un poco la integración de la misma.

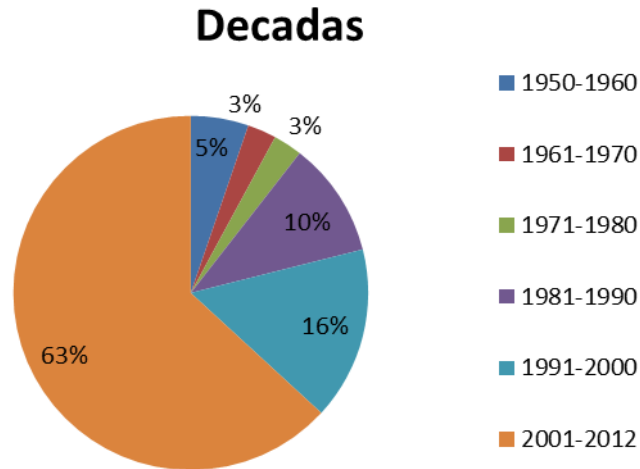
Para el caso de la variable **Morfodinámica**, mediante la base de datos a nivel nacional como es el SIMMA (Sistema de Información de Movimientos en Masa), se logró recolectar datos históricos puntuales (Tabla 7), que mostraban donde se encontraban geográficamente puntos de inestabilidad del terreno, estos fueron importantes previo al trabajo de campo. Debido a que la plancha 110-Pamplona comprende en su totalidad 16 municipios repartidos en 2 departamentos. Se realizó un análisis estadístico departamental, dividido por décadas. Los resultados se muestran a continuación:

**Tabla 7. Datos de movimientos de remoción en masa ocurridos desde 1951-2012 (Santander) y 1927-2012 (Norte de Santander), fuente de datos SIMMA (Sistemas de información de movimientos en masa).**

Santander		Norte de Santander		Norte de Santander	
CODIGO	EVENTO	CODIGO	EVENTO	CODIGO	EVENTO
3635	09/05/1951	2219	27/11/1927	8374	19/05/2006
4305	14/12/1953	9414	02/03/1932	8491	21/10/2006
5810	01/05/1963	4513	08/09/1932	9926	19/07/2008
12371	19/11/1979	12387	21/11/1939	15374	17/09/2010
1225	01/01/1989	4556	27/10/1954	15375	16/11/2010
1244	15/05/1993	12327	22/01/1980	15376	16/11/2010
1323	15/05/1993	12103	07/05/1981	15372	17/11/2010
3378	11/05/1994	12102	07/05/1981	15373	06/12/2010
3735	10/03/1996	12094	09/05/1981	24817	04/10/2011
3736	10/03/1996	11506	22/04/1982	23939	25/01/2012
1326	13/06/1997	11483	03/05/1982	23940	25/01/2012
1226	01/09/2001	11471	04/05/1982	25049	09/04/2012
1249	26/10/2001	2589	24/11/1988	25050	09/04/2012
9973	20/11/2004	2928	02/05/1990	25051	09/04/2012
10153	28/05/2008	3073	04/12/1990	25315	23/04/2012
20779	28/05/2008	3454	03/10/1994	25553	15/05/2012
1197	13/06/2008	4007	22/10/1996	25778	17/08/2012
1413	13/06/2008	4017	18/11/1996		
24850	03/04/2009	4034	03/01/1997		
24851	03/04/2009	9460	01/11/1999		
24852	03/04/2009	23949	01/11/1999		
24853	03/04/2009	5155	10/01/2000		
1392	06/06/2009	23942	18/02/2000		
24876	20/10/2011	5430	25/07/2000		
24877	13/12/2011	5626	20/08/2001		
20777	20/01/2012	9291	01/04/2002		
20778	20/01/2012	6074	10/12/2003		
24135	25/01/2012	6076	10/12/2003		
24133	25/01/2012	6224	20/04/2004		
25106	11/04/2012	6363	10/07/2004		
25546	25/04/2012	6539	30/10/2004		
25521	08/05/2012	8371	19/05/2006		
25536	14/05/2012	8369	19/05/2006		
25909	17/09/2012				
25879	18/09/2012				

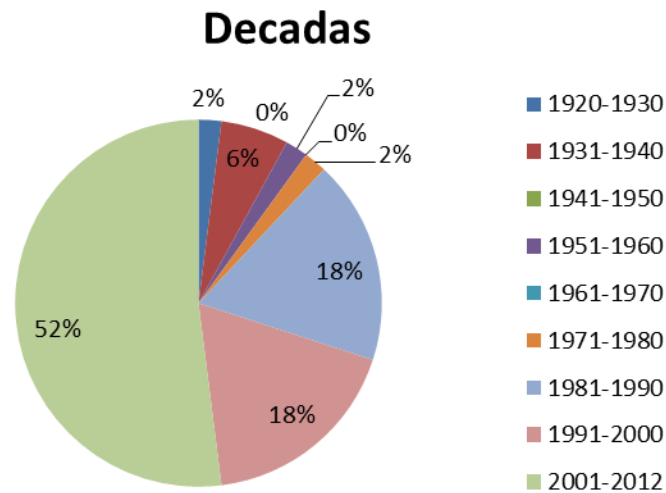
Fuente: SIMMA.

**Figura 20. Porcentaje de ocurrencia de movimientos de remoción en masa por décadas, Santander.**



Fuente: Autor.

**Figura 21. Porcentaje de ocurrencia de movimientos de remoción en masa por décadas, Norte de Santander.**



Fuente: Autor.

A partir de los datos suministrados por el SIMMA (Tabla 7) y los resultados generados, se puede observar una tendencia importante en el departamento de

Santander y Norte de Santander. Donde se puede interpretar que desde 1981 la predisposición a presentarse movimientos en masa aumenta y alcanza un porcentaje importante en la última década, todo ello condicionado por un factor detonante como el clima.

En las últimas 2 décadas el planeta se ha enfrentado a uno de sus mayores desafíos conocido como cambio climático, el cual ha intensificado mucho de los procesos denudativos que ocurren en superficie como son: la erosión y los movimientos en masa. La relación existente entre estos con el clima es muy evidente, cabe con señalar que durante las temporadas invernales ocurridas entre el 2010 y 2013, el país sufrió uno de sus peores escenarios climáticos donde su infraestructura se vio totalmente vulnerable antes las inclemencias de las lluvias, carreteras en muy malas condiciones, centros poblados damnificados y afectados por movimientos en masa y además de que no se contaba con planes que fueran lo suficientemente sólidos, para mitigar estos problemas. Estos diagramas de tortas (Figura 20-21) son una clara evidencia de cómo los movimientos en masa son una amenaza latente, que cada día cobra más fuerza en un planeta con condiciones climáticas tan cambiantes que pueden poner en riesgo la vida de poblaciones enteras y su infraestructura.

La información recopilada de los EOTS y POTS de cada municipio que hacen parte de esta plancha, no fue de relevancia, ya que mucho de esta, era muy general y no daba datos geográficos puntuales, si no, que mencionada referentes como: vereda tal, sitio tal, pero que de igual manera se utilizó y ayudo en cierto modo a engrosar la base de datos, que se utilizaría en campo.

Desde el punto de vista **Morfogenético**, la información encontrada presenta una escala diferente con la que se está realizando la pasantía de investigación. Las fuentes de información son variadas, entre las cuales encontramos:

La memoria geológica del cuadrángulo H-13, donde se divide la zona en varias regiones topográficas, ubicando la plancha 110-Pamplona, sobre el macizo propiamente dicho, comprendido por la cordillera principalmente y sus vertientes hacia el este y el oeste (Ward et al., 1973).

Encontramos trabajos de pregrado que realizan caracterizaciones geomorfológicas de lugares particulares a escalas más detalladas que la 1:100.000. Como el caso de Osorio y Salazar (2006), donde analizan las formas del terreno de la subcuenca del río Toná, dándole una connotación morfoestructural, donde se observa un fuerte control estructural influenciado por la dirección de la Cordillera Oriental (NNE-SSW) y localmente desplazada por fallas de rumbo. Se lograron distinguir diez zonas caracterizadas cada una por un tipo de drenaje y geoformas de origen estructural como: planos estructurales, escarpes de falla, facetas triangulares, lomos de presión, de obturación, ganchos, entre otras. Otro trabajo que realiza análisis geomorfológico es el encontrado en Chaparro y Duarte (2013), quienes examinan la expresión topográfica que da el depósito de la Lejía y zonas aledañas, asociado a la Falla Chitagá. Encontrando geoformas y elementos de origen estructural (laderas, facetas triangulares, laderas escalonadas y silletas de falla), denudacional (filos, lomos, colinas y montañas), periglaciario (morrenas) y fluvial.

Algunos EOT y POTS, muestran información **Morfogenética** útil y que complementa en buena parte la información encontrada de otras fuentes. Cabe resaltar que empresas mineras que funcionan en la zona, han realizado estudios bastante detallados sobre la expresión topográfica del terreno, pero, debido a que son empresas privadas es muy difícil el acceso a esta. Un informe realizado por la Greystar Resources (2009), proyecto angosturas, a escala 1:10.000, muestra la diferenciación de dos unidades genéticas de relieve con ocho paisajes y 34 geoformas asociadas a diferentes unidades litoestratigráficas. Otras entidades como el IDEAM en (1996) realizaron un estudio sobre Unidades Geomorfológicas

---

del Territorio Colombiano y en el (2010) se realizó un estudio sobre Sistemas Morfogenéticos del Territorio Colombiano a escala 1:500.000. Toda esta información a diferentes escalas, permite tener un bosquejo, una idea preliminar de lo que se puede encontrar en la zona de estudio.

## 5 RESULTADOS

### 5.1 GEOMORFOLOGÍA PLANCHA 110-PAMPLONA

La plancha 110-Pamplona se encuentra ubicada en los departamentos de Norte de Santander y Santander geográficamente en el sector nororiental del territorio colombiano, sobre el Macizo de Santander en la cordillera oriental. Expone un relieve montañoso caracterizado por presentar valles profundos debido a la fuerte incisión de las corrientes de agua, picos erosionados y depósitos heterogéneos debido a la influencia de un ambiente periglacial y laderas escarpadas a muy escarpadas.

Los procesos exógenos y endógenos que pueden variar en su exposición e intensidad en el tiempo, a través de millones de años se han encargado de modelar la superficie actual del terreno generando geoformas de diferentes ambientes morfogenéticos, estas fueron cartografiadas mediante trabajo previo en oficina y su posterior comprobación en campo.

Se clasificaron 4 ambientes morfogenéticos (ANEXO H), con ello geoformas de origen morfoestructural dominada por procesos tectónicos, con estructuras a nivel regional, representadas por un 60,14% de las unidades presentes. Geoformas denudacionales con un 13,46% del total de las unidades del área, influenciadas por procesos externos (erosión y meteorización) moderados a intensos. Geoformas glaciales con un valor de 25,57% del total, generadas debido a la erosión intensa de grandes masas de hielo y geoformas fluviales originadas por procesos de erosión, transporte y depositación, representadas por 0,83% de todas las geoformas presentes en la plancha. Estas unidades son las responsables del aspecto característico de la superficie de la zona de estudio (Tabla 8).

A continuación se caracteriza y describe cada una de las unidades identificadas con su respectiva evidencia fotográfica, destacándose los procesos denudacionales que las afectan. ANEXO I

**Tabla 8. Tabla que muestra las unidades geomorfológicas presentes en la plancha 110-Pamplona.**

Ambiente	Código	Unidad Geomorfológica	Porcentaje %	
DENUDACIONAL (D)	Dco	Cono y lóbulo coluvial y de soliflucción	1,25	13,46
	Deem	Escarpe de erosión mayor	0,10	
	Def	Escarpe faceteado	0,45	
	Dsd	Sierra denudada	11,36	
	Dts	Terrazas sobreelevadas "colgadas"	0,29	
FLUVIAL Y LAGUNAR (F)	Faa	Abanico fluviotorrencial	0,20	0,83
	Fcdy	Cono de deyección	0,20	
	Fea	Escarpe de abanico fluvial	0,01	
	Fpac	Planicie aluvial confinada	0,03	
	Fpi	Plano o llanura de inundación	0,06	
	Ftae	Escarpe de terraza de acumulación	0,09	
	Ftan	Terraza de acumulación antigua	0,11	
	Ftas	Terraza de acumulación subreciente	0,13	
GLACIAL Y PERIGLACIAL (G)	Gc	Circo glacial y de nivación	0,07	25,57
	Gce	Cuesta estructural glaciada	0,11	
	Gcgf	Conos glaciofluviales	0,57	
	Gclg	Cono y lóbulo de gelifracción	0,09	
	Gee	Espolón estructural glaciado	2,42	
	Gflv	Flancos de valle Glacial	1,01	
	Glg	Laguna Glacial	0,02	
	Gmf	Morrena de fondo	0,39	
	Gml	Morrena lateral	0,73	
	Gmt	Morrena terminal o frontales	0,02	
	Gpcs	Plano y cono de sobrelavado glacial	0,05	
	Gpgl	Plano Glaciolacustrino	0,36	
	Gsale	Ladera estructural sierra anticlinal glaciada	0,37	
	Gsg	Sierra Glaciada	8,06	
	Gshg	Sierra homoclinal glaciada	1,13	

	Gshlc	Ladera en contrapendiente de sierra homoclinal glaciada	5,08	
	Gshle	Ladera estructural de sierra homoclinal glaciada	5,10	
MORFOESTRUCTURAL (S)	Sce	Cerro estructural	0,27	60,14
	Sefc	Espolón faceteado	8,64	
	Sefes	Espolón festoneado	12,12	
	Ses	Espolón	3,93	
	Sft	Faceta triangular	0,38	
	Sgf	Gancho de flexión	0,64	
	Sles	Ladera escalonada	0,54	
	Slf	Lomo de falla	0,25	
	Slfe	Escarpe de línea de falla	2,12	
	Slo	Lomo de obturación	0,82	
	Sm	Meseta estructural	0,58	
	Sme	Escarpe de meseta	0,72	
	Ssan	Sierra anticlinal	0,59	
	Ssh	Sierra homoclinal	1,89	
	Sshlc	Ladera de contrapendiente de sierra homoclinal	8,16	
	Sshle	Ladera estructural de sierra homoclinal	8,59	
	Sslp	Sierras y lomos de presión	0,97	
	Sss	Sierra sinclinal	0,68	
Ssslc	Ladera de contrapendiente sierra sinclinal	3,02		
Sssle	Ladera estructural de sierra sinclinal	5,04		
Svc	Plano aluvial confinado	0,17		

Fuente: Autor.

## 5.2 UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS

### 5.2.1 Geoformas de origen morfoestructural

Estas unidades se caracterizan principalmente por ser geoformas que presentan procesos exógenos moderados a intensos, que conservan los rasgos estructurales

y se relacionan directamente con la dinámica terrestre, sus controles tectónicos y estructuras geológicas. Aunque presenten procesos degradacionales en superficie como erosión y meteorización que pueden ser capaces de eliminar evidencia total de su origen netamente morfoestructural, aún se conservan esos aspectos morfológicos y geométricos que permiten su clasificación y caracterización.

#### **5.2.1.1 Cerro estructural (Sce)**

Geoforma aislada de morfología montañosa, con laderas de longitud moderadamente larga, de forma irregular, con pocos procesos disectivos, su pendiente es muy abrupta a escarpada. Los procesos erosivos y de movimientos en masa no son evidentes.

Esta expresión topográfica (Figura 22) se encuentra ubicada al noroccidente de la plancha, en la vereda Gramalotico del municipio de Surata y limitada por el río Cachiri. Se originó sobre rocas Pre-Devónicas de la Formación Silgara y conglomerados de edad Jurásica de la Formación Girón. Predomina la cobertura vegetal de bosque y algunos pastos utilizados en ganadería.

**Figura 22. Panorámica Cerro estructural (Sce), vereda Gramalotico, municipio de Surata, departamento de Santander.**



Fuente: Autor.

### **5.2.1.2 Espolón faceteado (Sefc)**

Geoforma en forma de sierra colinada que es producto de estructuras mayores; se asocia a fallamiento inverso y de rumbo que genera truncamiento con desarrollo de facetas triangulares. Sus laderas son de longitud larga y pendientes abruptas a escarpadas.

En el área de estudio se ubicó esta geoforma al suroccidente, entre las veredas Pirgua y Pitones del municipio de Tona (Figura 23). La cual es asociada al fallamiento inverso generado por la falla de Tona en dirección NE; cortando esquistos y ortogneis de edad Pre-Devónica, que genera truncamiento a manera de

facetas triangulares. Se observa también al norte del municipio de Surata, vereda Cartagua, producto de la falla Surata. Al nororiente y suroriente de la plancha en la vereda Pica Pica del municipio de Labateca y las veredas Siagá, Llano Grande y Carrillo del municipio de Chitagá, influenciado por la falla de Chitagá, entre otros lugares.

Los procesos denudacionales están relacionados a movimientos en masa del tipo deslizamiento traslacionales.

**Figura 23. Panorámica Espolón faceteado (Sefc), donde se puede observar el desarrollo de facetas triangulares, vereda Pirgua, municipio de Tona, departamento de Santander.**



Fuente: Autor.

### 5.2.1.3 Espolón festoneado (Sefes)

Geoforma de morfología alomada con cimas agudas que se encuentran perpendiculares al rumbo de las estructuras. Sus laderas son de pendientes abruptas a escarpadas, de longitudes moderadamente largas y formas convexas (Figura 24).

Esta geoforma se puede observar al noroccidental, suroriental y hacia la parte centro-norte de la plancha 110 Pamplona; asociada al fallamiento en dirección noreste y noroeste de las fallas de Surata, Bábega y Mutiscua. Las rocas sobre las que fue labrada esta expresión topográfica presentan una alternancia de niveles duros y blandos, como ortogneis y esquistos de edad Pre-Devónica y shale-arenisca de edades cretácicas.

Las laderas de estas unidades se encuentran disectadas y afectadas por procesos denudativos moderados, algunos de ellos asociados a movimientos en masa del tipo reptación de suelos, deslizamientos rotacionales y procesos erosivos como terracetas (erosión pata de vaca).

**Figura 24. Panorámica espolón faceteado (Sefes), tomadas desde las veredas a) San Miguel del municipio de Pamplona, departamento Norte de Santander y b) Gramalotico del municipio de Surata, departamento de Santander.**



Fuente: Autor.

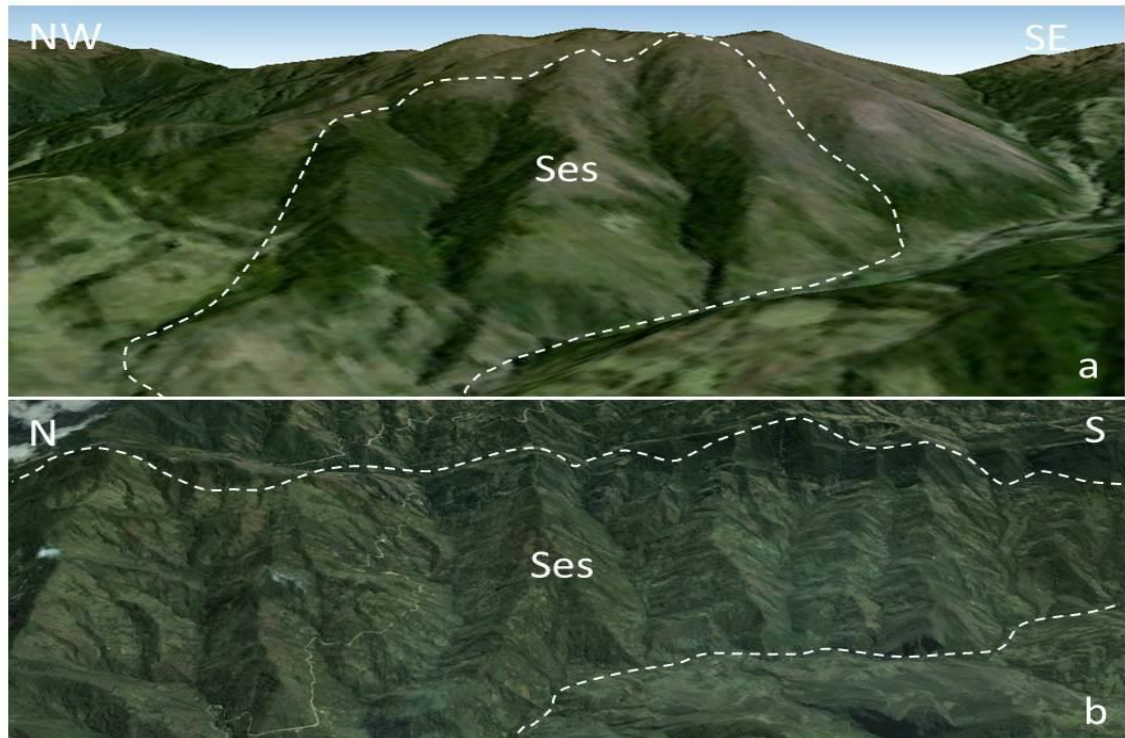
#### 5.2.1.4 Espolón (Ses)

Geoforma caracterizada por ser alomada, denudada y presentar una disposición geométrica perpendicular a la tendencia estructural regional. Sus laderas están festoneadas con una longitud corta, muy inclinada y de forma irregular.

Esta unidad (Figura 25) se encuentra distribuida al nororiente, noroccidente y suroccidente de la zona de estudio. Su origen se debe al truncamiento de la expresión topográfica, generado por las fallas de Surata, Mutiscua, Chitagá y Bábega; que cortan rocas intermedias a duras (Esquistos, ortogneis, conglomerados, areniscas y shale); de edades Pre-Devónicas, Triásicas, Jurásicas y Cretácicas. El patrón de drenaje que se desarrolla sobre sus laderas y que se encarga de limitarlas es subparalelo.

Los procesos denudativos de esta morfología van de moderados a intensos, donde se observan movimientos en masa del tipo flujos de detritos, reptación de suelo, y erosión en terracetas (pata de vaca), producido por el tipo de actividad económica que se desarrolla en la zona como es la ganadería.

**Figura 25. Panorámica espolon (Ses): a) Panorámica NW-SE, vereda Tablanca, municipio de Surata, departamento de Santander; b) panorámica N-S, vereda Sabagua, municipio de Pamplona, departamento de Norte de Santander.**



Fuente: Tomada de Google Earth.

#### **5.2.1.5 Faceta triangular (Sft)**

Expresión topográfica planar abrupta, recta, con una geometría en planta triangular (base amplia y cima angosta), producto del truncamiento y desplazamiento vertical o lateral de relieves estructurales por procesos de fallamiento.

Se encuentra ubicada en varios sectores de la plancha en donde se destacan: al oriente en las veredas Carrillo y Tapurcua del municipio de Chitagá, al noroccidente en la vereda Tablanca del municipio de Surata, al nororiente en la vereda Buenos Aires del municipio de Pamplona y al occidente en la vereda la

Caña del municipio de Charta, entre otros. Esta geoforma se encuentra asociada a procesos estructurales productos de fallas como: La falla de Chitagá, Surata, La Cristalina y Pamplona. Sobre rocas Pre-Cámbricas del Neis de Bucaramanga, Pre-Devónicas de la Formación Silgara y Ortogneis, Jurásicas de la Formación Girón, Triásicas como Tonalitas y Cretácicas de la Formaciones Capacho, Tibú-Mercedes, Aguardiente y Tambor. Donde asociado se pueden presentar fenómenos de erosión diferencial y movimientos en masa como caída de roca, deslizamientos rotacionales y traslacionales.

#### **5.2.1.6 Gancho de flexión (Sgf)**

Geoforma con morfología de espolón estructural, alomado y con forma de gancho en vista de planta. Se origina por un proceso estructural en donde ocurre desplazamiento lateral y su posterior incisión erosiva a lo largo de una falla de rumbo.

Esta unidad (Figura 26) se encuentra en el costado suroriental, occidental, noroccidental y hacia la parte central del área de estudio, asociado al control estructural generado por la falla de rumbo Morro Negro que presenta un movimiento sinestral y la falla rio Charta; se desarrolla en rocas de edad Devónica (Granito de Durania), Triásicas (Tonalitas y Granodiorita), Pre-Devónicas (Formación Silgara) y Cretácicas (Formación Capacho, La Luna, Aguardiente, Tambor y Colón Mito-Juan); presenta un patrón de drenaje paralelo a subparalelo. Asociado a esta morfología se presentan procesos denudativos como movimientos en masa del tipo reptación de suelos y erosión en terracetos (pata de vaca), ocasionada por el desarrollo de la ganadería, como actividad económica primaria.

**Figura 26. Panorámica W-E gancho de flexión (Sgf), con su forma en gancho y disectada, vereda la Copa, municipio de Cacota, departamento de Norte de Santander.**



Fuente: Tomada de Google Earth.

### 5.2.1.7 Ladera escalonada (Sles)

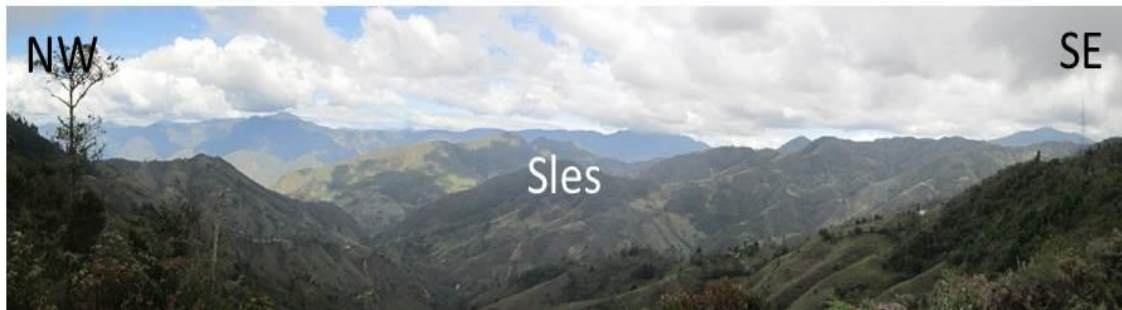
Geoforma con estratos en forma de escalón, cuyas pendientes pueden estar variando entre muy inclinados a escarpados, dispuestos en contra de la pendiente del terreno. La longitud de las laderas es larga, de forma recta y escalonada, separada por escarpes abruptos debido a la incisión de los drenajes o por fracturamiento perpendicular al buzamiento de los niveles litológicos.

Esta expresión morfológica (Figura 27) se ubica sobre lado nororiente de la plancha, en el sector comprendido por las veredas Sabaneta y san Francisco del municipio de Pamplona. La litología sobre la que fue labrados estos escalones

corresponden a areniscas de edad Cretácica de las formaciones Tambor y Aguardiente; los procesos degradacionales son de moderada intensidad, muchos relacionados a erosión diferencial y a movimientos en masa del tipo reptación de suelos, deslizamientos rotacionales y traslacionales.

La unidad presenta un patrón de drenaje subparalelo y la actividad económica predominante es la agricultura y en menor proporción la ganadería.

**Figura 27. Panorámica ladera escalonada (Sles), se observa la morfología característica de escalones y presenta procesos erosivos moderados. Vista tomada desde la carretera Pamplona-Cucutilla, departamento de Norte de Santander.**



Fuente: Autor.

#### **5.2.1.8 Lomo de falla (Sif)**

Geoforma en forma de cerro elongado y alomado, de ladera corta, de forma convexa y con pendiente abrupta. Localizados a lo largo de estructuras como fallas de rumbo; esta expresión topográfica es producto del efecto combinado del desplazamiento lateral y el plano de falla, los cuales determinan la expulsión hacia arriba de un bloque de terreno.

La podemos observar al oriente de la plancha, en la vereda Fenicia y Upa del municipio de Cacota y en el sector conocido como la Lejía del municipio de

Pamplona (Figura 28). Estas estructuras son producto de un fallamiento presente en la zona, muchas veces no se asocian a estructuras regionales sino que puede ser algo más local. Se encuentran labradas sobre rocas Devónicas del Granito de Durania, Jurásicas de la Formación Girón y Cretácicas de la Formación Aguardiente y Colón Mito-Juan. Estas unidades geomorfológicas presentan un alto fracturamiento y presentan en su superficie pocos procesos denudacionales.

**Figura 28. Panorámica Lomo de falla (Sif), sector conocido como la Lejía del municipio de Pamplona, departamento de Norte de Santander.**



Fuente: Autor.

#### **5.2.1.9 Escarpe de línea de falla (Sife)**

Escarpe cuya ladera es moderadamente larga entre 200 m a 600 m, de pendiente escarpada y forma cóncavo o convexo; originado por procesos de erosión acentuada a lo largo de una línea de falla.

Esta geoforma se encuentra distribuida en varios sectores del área de trabajo. Se evidencia a lo largo de fallas como la de Bábeга, Angosturas, Mutiscua, Morro Negro y Surata. Un ejemplo (Figura 29) de este tipo de morfología se encuentra hacia el sector suroriental, donde debido a la incidencia que tiene una falla satélite de la falla de Bábeга, genera truncamiento de la expresión topográfica cortando rocas Pre-Devónicas y Jurásicas, correspondientes a ortogneis y conglomerados.

Esta ladera se encuentra disectada y con procesos erosivos acentuados sobre el sustrato rocoso.

Asociada a este tipo de geformas es común encontrar procesos denudativos relacionados a movimientos en masa del tipo deslizamientos traslacionales y rotacionales.

**Figura 29. Panorámica escarpe de línea de falla (Slfe), vista tomada desde la vereda Tutera, municipio de Silos, departamento de Norte de Santander.**



Fuente: Autor.

#### **5.2.1.10 Lomo de obturación (Lmo)**

Estructura de morfología alomada que ha sido desplazada lateralmente por fallamiento de rumbo y ocasiona un bloqueo parcial o total de una corriente de agua.

Se encuentra ubicada hacia el sur de la plancha en la vereda Tabarata del municipio de Silos y en la vereda Alcaparral del municipio de Pamplona. Asociada

a un fallamiento local y regional producto de las fallas de Mutiscua (Figura 30) y Chitagá, que cortan rocas Pre-Devónicas de la Formación Silgara, Devónicas de la Formación Floresta, Cretácicas de la Formaciones Tambor, La Luna, Colón Mito-Juan y Paleógenas como la Formaciones Barco y Los Cuervos. Estas geoforma generan una desviación y bloqueo de los cauces del rio Pamplonita y la quebrada Meteperros. El suelo presenta pocos procesos denudativos y es utilizado en actividades agrícolas y ganaderas.

**Figura 30. Panorámica lomo de obturación (Lmo), se observa el aprovechamiento del suelo en actividades agrícolas y ganaderas, vereda Alcaparral, municipio de Silos, departamento de Norte de Santander.**



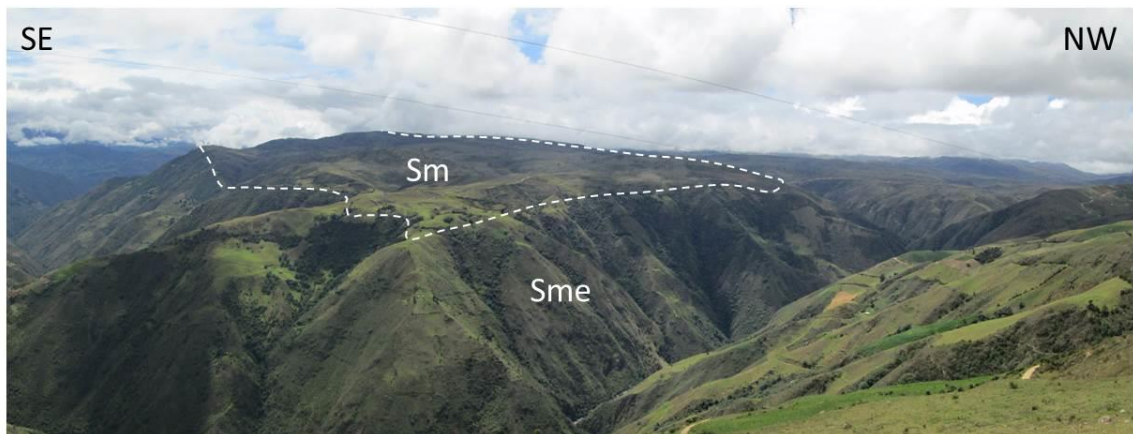
Fuente: Autor.

### 5.2.1.11 Meseta estructural (Sm)

Colina o loma de cima plana limitada por escarpes abruptos a muy abruptos, de longitud muy corta y forma convexa, originadas por procesos de erosión diferencial de rocas estratificadas horizontales o con inclinaciones menores a 5°.

Esta geoforma (Figura 31) se encuentra ubicada hacia el sur de la plancha en la vereda Caraba del municipio de Silos, se encuentra sobre rocas Pre-Devónicas de la Formaciones Silgara y Ortogneis, donde los datos de esquistosidad favorecen la inclinación de la meseta y le dan el aspecto de plana hacia su parte más alta; además de rocas Jurásicas del Granito de pescadero y Cretácicas de la Formación Tambor. Sus laderas se encuentran altamente disectadas y la superficie de esta meseta no presenta procesos denudacionales. No se observa desarrollo de actividades agrícolas o ganaderas, producto de las condiciones climáticas de la zona que está a una altura mayor a los 3.000 msnm.

**Figura 31. Panorámica meseta estructural (Sm), de longitud considerable, sin procesos denudativos como movimientos en masa, vereda Caraba, municipio de Silos, departamento de Norte de Santander.**



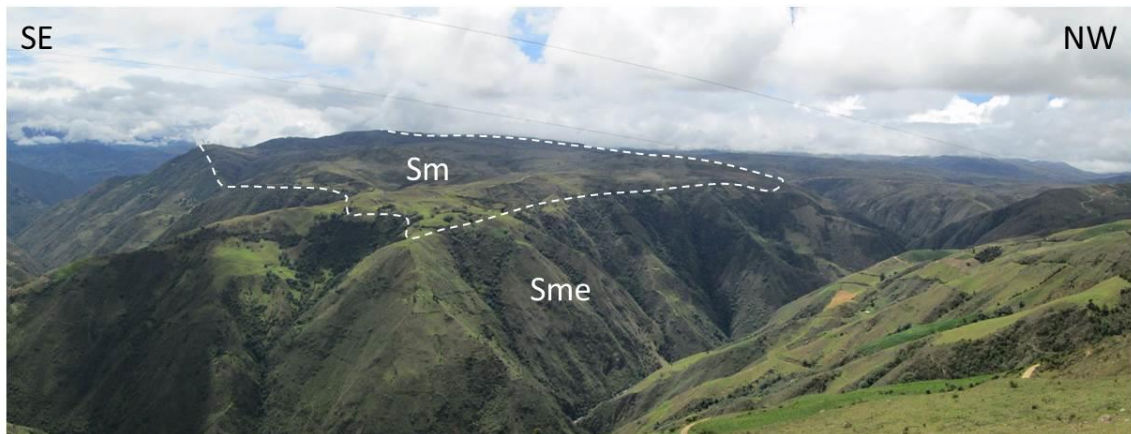
Fuente: Autor.

### 5.2.1.12 Escarpe de meseta (Sme)

Ladera de longitud moderadamente larga de pendiente escarpada, la cual se encuentra definida por la horizontalidad de rocas duras en el tope y blandas hacia la base dispuesta en favor o en contra de la pendiente natural del terreno.

Se encuentra ubicada hacia el sur de la plancha en la vereda Caraba del municipio de Silos (Figura 32), labrada sobre rocas Pre-Devónicas de la Formación Silgara y Ortogneis, donde los datos de esquistosidad favorece a la inclinación de la ladera. Esta se encuentra altamente disectada y presenta una cobertura vegetal de pastos y algo de matorrales; no presenta procesos denudativos como movimientos en masa, ni actividades económicas como ganadería o agricultura.

**Figura 32. Panorámica escarpe de meseta (Sme), donde se observa fuertes procesos disectivos, Vereda Caraba, municipio de Silos, departamento de Norte de Santander.**



Fuente: Autor.

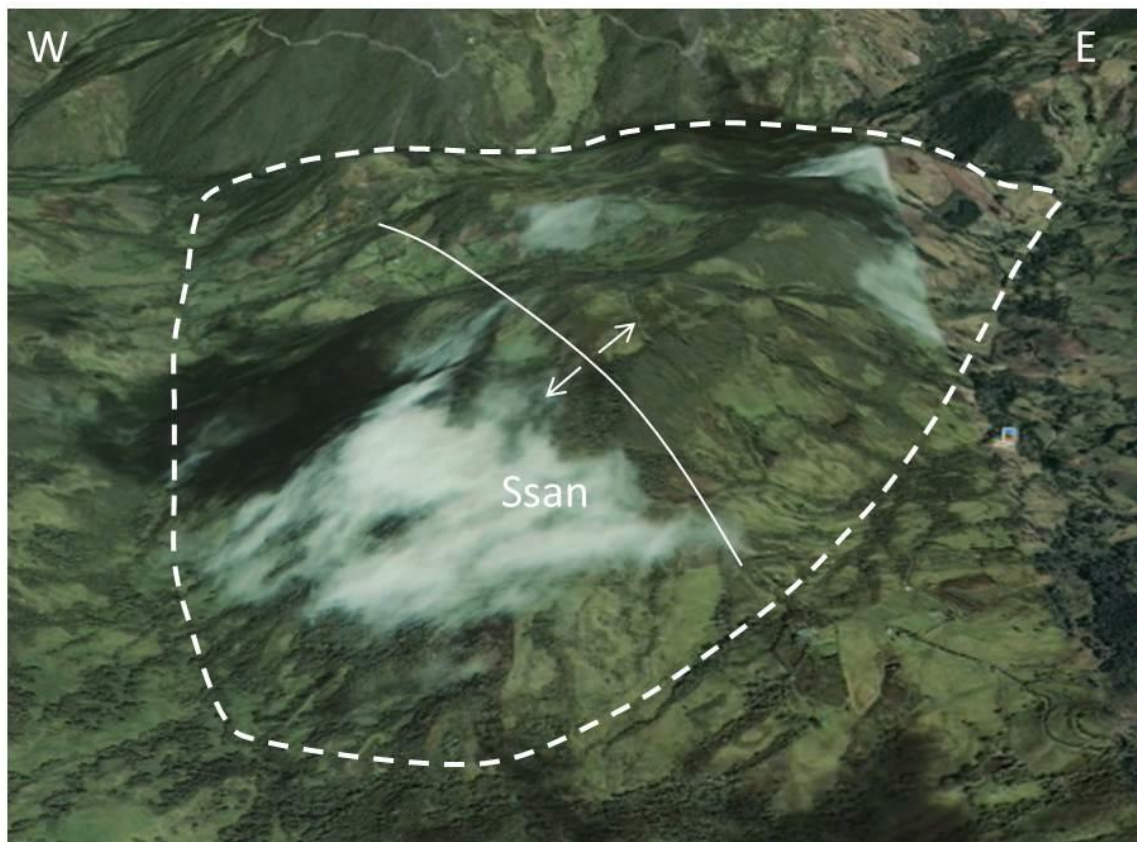
### 5.2.1.13 Sierra anticlinal (Ssan)

Sierra elongada de morfología colinada a alomada de cima redondeada, que sigue el eje anticlinal formado por el arqueamiento o combadura de los estratos o

capas que se inclinan divergentemente a partir de su eje. Asociado a estructuras anticlinales locales.

Esta unidad (Figura 33) presenta laderas estructurales inclinadas, rectas y de longitudes largas. Se ubicada hacia el sector central en dirección norte y suroccidental de la plancha, comprendida entre las veredas La Higuera, San Agustín y La Aradita, del municipio de Mutiscua y la vereda la Cristalina del municipio de Charta; sus procesos denudacionales son del tipo reptación de suelos y erosión en terracetas (pata de vaca).

**Figura 33. Panorámica, sierra anticlinal (Ssan), entre las veredas La Higuera, San Agustín y La Aradita, del municipio de Mutiscua, departamento de Norte de Santander.**



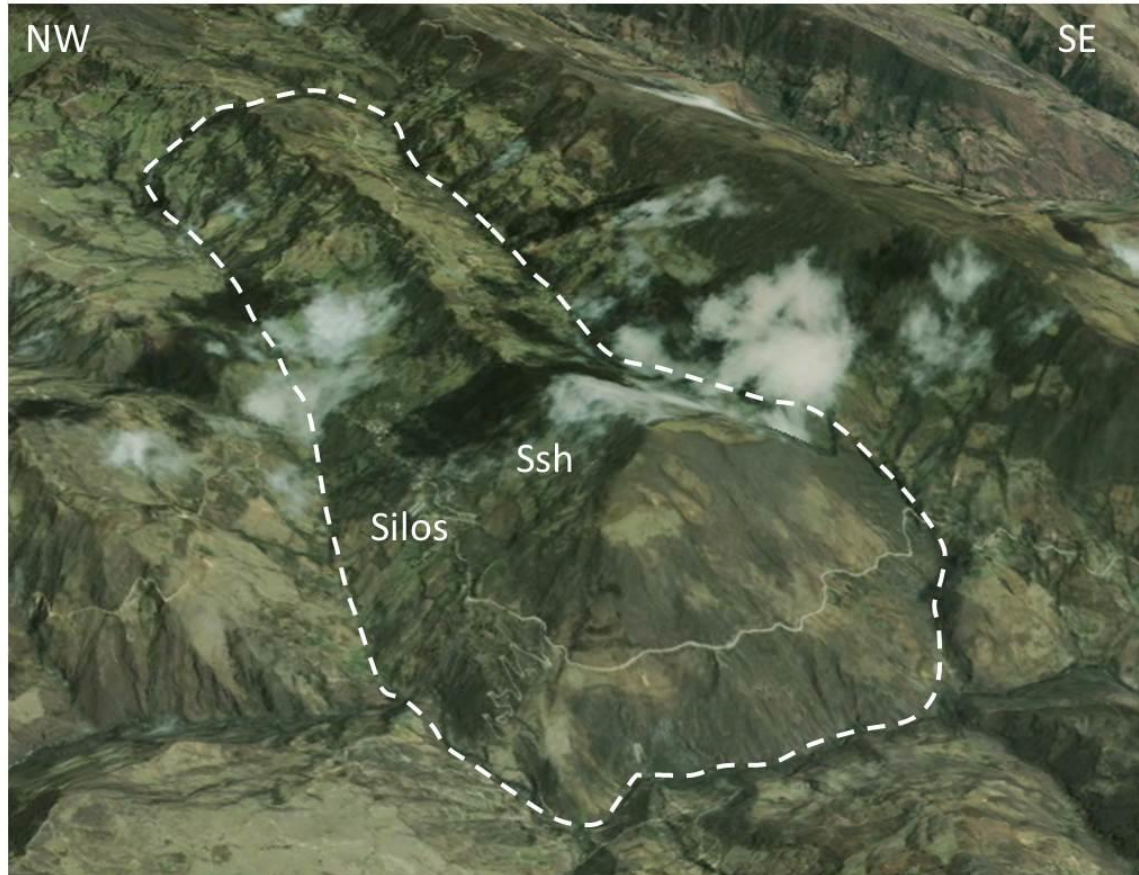
Fuente: Tomado de Google Earth.

#### 5.2.1.14 Sierra homoclinal (Ssh)

Expresión topográfica ligeramente simétrica elongada y de morfología montañosa, de cima aguda, asociada a una secuencia de estratos o capas inclinados ( $> 35^\circ$ ) en una misma dirección por efecto de plegamiento intenso asociado localmente con fallamiento inverso.

Esta unidad geomorfológica (Figura 34) se encuentra ubicada al sur y suroriente del área de estudio, entre las veredas el Espino y el Ubito, del municipio de Cacota y en el municipio de Silos. Son estructuras homogéneas y regionales, buzando en dirección NW para el caso de rocas blandas y presencia de datos de foliación SE para las rocas duras, que favorecen la geometría de la estructura. Se desarrolla sobre rocas Pre-Cámbricas como el Neis de Bucaramanga, Pre-Devónicas de la Formación Silgara, Devónicas de la Formación Floresta y Cretácicas de la Formaciones Tambor y Aguardiente. Su superficie presenta pocos procesos denudativos, observándose algunos movimientos en masa del tipo deslizamiento traslacionales y rotacionales. El suelo es utilizado en actividades agrícolas principalmente, con presencia de pastos y algo de vegetación herbácea.

**Figura 34. Panorámica sierra homoclinal (Ssh), municipio de Silos, departamento de Norte de Santander.**



Fuente: Tomado de Google Earth.

#### **5.2.1.15 Ladera de contrapendiente de sierra homoclinal (Sshlc)**

Esta geoforma está definida por la inclinación de los estratos en contra de la pendiente del terreno, asociada a una estructura homoclinal; presenta una longitud corta a moderadamente larga de forma irregular y con pendientes escarpadas.

Esta unidad (Figura 35) se encuentra distribuida en varios sectores de la plancha en donde el buzamiento de las rocas o su foliación se disponen en contra de la inclinación que presenta la superficie. La podemos observar al nororiente,

suroriente y occidente del área de trabajo, sobre los municipios de Pamplona, Silos, Charta y Surata.

En el municipio de pamplona esta expresión morfológica es labrada sobre rocas intermedias a duras (Shale y Areniscas) de edades Cretácicas, conglomerados Jurásicos de la Formación Girón y Ortogneis de edad Pre-Devónica.

Sobre esta expresión morfológica se construyó el casco urbano del municipio de Surata (Figura), departamento de Santander; donde se observan importantes daños por problemas de inestabilidad asociados a movimientos en masa. Se desarrolla sobre rocas intermedias a duras (Shale, Areniscas y Calizas) de edades Cretácicas.

Los procesos denudativos de esta expresión morfológica están asociados a movimientos en masa de importancia alta, debido a que afecta centros poblados y genera daños económicos. Son del tipo deslizamientos rotacionales, deslizamientos traslacionales, reptación de suelo y erosión en terracetos (pata de vaca). El desarrollo de actividades ganaderas y agrícolas, aumenta el grado de susceptibilidad para que se presenten este tipo de procesos.

**Figura 35. Panorámica ladera contrapendiente de sierra homoclinal (Sshlc) tomada desde: a) Panorámica sobre la cual yace el municipio de Surata, departamento de Santander. b) Vía que comunica al municipio de Pamplona con el municipio de Cucutilla, departamento de Norte de Santander.**



Fuente: Autor.

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

Geoforma asociada a una estructural homoclinal, caracterizada porque sus estratos se disponen a favor de la pendiente topográfica. Esta ladera presenta una longitud moderadamente larga, de forma recta a convexa y con pendiente escarpada.

Esta unidad geomorfológica (Figura 36) se encuentra distribuida en varios puntos del área de estudio, un ejemplo de este es el ubicado al suroccidente en el municipio de Charta, se desarrolla sobre rocas intermedias a duras (shale, arenisca y caliza) de edades cretácicas, influenciadas por un fuerte fallamiento sin dirección predominante. En el costado nororiental y suroriental de la plancha, se desarrolla sobre rocas Pre-Cámbricas (neis), Pre-Devónicas (Esquistos), Devónicas (Filitas) y cretácicas (shale y arenisca), donde la foliación del neis y la esquistosidad de la Formación Silgara, permite remplazar las características de estratificación y generar ese aspecto de ladera; se ubican principalmente sobre los municipios de Silos, Chitagá y Pamplona.

Sobre la superficie de esta unidad se desarrolla suelo residual producto de la meteorización de las rocas infrayacentes. Este es aprovechado económicamente con desarrollo de actividades ganaderas y agrícolas que a su vez condicionan el terreno a movimientos en masa del tipo reptación de suelos, deslizamientos rotacionales y erosión en terracetas (pata de vacas).

**Figura 36. Panorámica ladera estructural de sierra homoclinal (Sshle), municipio de Pamplona, departamento de Norte de Santander.**



Fuente: Tomado de Google Earth.

### 5.2.1.17 Sierra y lomos de presión (Sslp)

Geoforma con una expresión topográfica montañosa o alomada. Su origen se debe a plegamiento intenso, asociados a fallamiento inverso, generado por encontrarse en una zona de traspresión de una falla de rumbo o trascurrente.

Esta unidad se encuentra ubicada al suroccidente y nororiente de la plancha, un ejemplo particular, se encuentra en dirección NE del municipio de Toná (Figura 37). Se encuentra limitada por las fallas de Toná y La Cristalina que ejercen control tectónico generando ese aspecto morfológico de sierra. Litológicamente se asocia a rocas Ortogneis de edad Pre-Devónica.

Los procesos denudativos asociados a su superficie son movimientos en masa del tipo reptación de suelos y deslizamientos traslacionales de pequeñas dimensiones.

**Figura 37. Panorámica sierras y lomos de presión (Sslp). Vista tomadas desde; a) vereda Pitones municipio de Tona, departamento de Santander y b) vereda el Gramal municipio de Tona, departamento de Santander.**



Fuente: Autor.

#### **5.2.1.18 Sierra sinclinal (Sss)**

Expresión topográfica de morfología colinada en forma de artesa elevada formada en el eje de un sinclinal. Los procesos denudativos diferenciales presentes se han encargado de dismantelar los flancos de las estructuras principales, invirtiendo el relieve original, dejando la artesa como una prominencia topográfica limitada por laderas de contrapendiente.

Se encuentra ubicada hacia el sector suroriental de la plancha, en la vereda la Copa del municipio de Cacota, se constituye de intercalaciones de rocas duras a intermedias de origen sedimentario de edades cretácicas, paleógenas y neógenas, con desarrollo de drenaje subdendrítico. Esta geoforma se identificó por fotointerpretación y tiene expresión en sinclinales locales del área de estudio, presentándose como sierras colinadas dispuestas en dirección NW y generadas a partir de materiales consolidados.

#### **5.2.1.19 Ladera de contrapendiente de sierra sinclinal (Ssslc)**

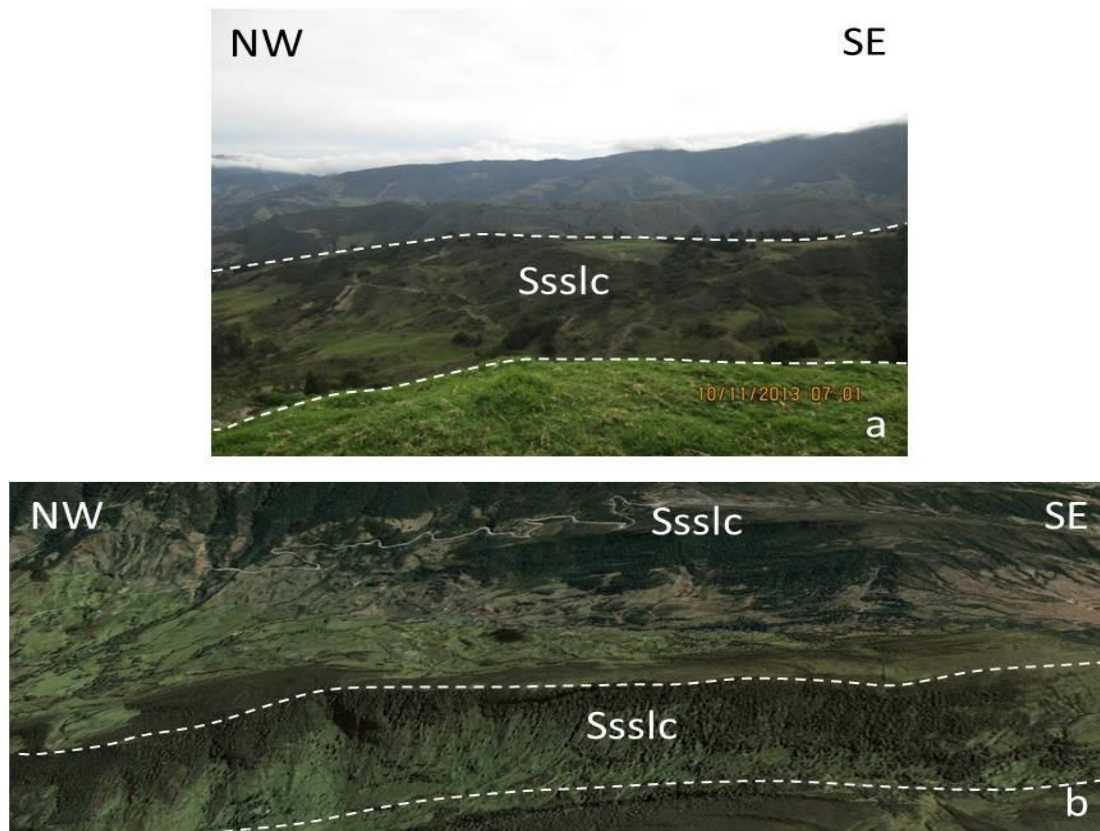
Esta geoforma es de longitud corta a moderadamente larga y con forma irregular, de pendiente abrupta a escarpada; con predominio de drenajes dendríticos a subparalelo.

La unidad se encuentra distribuida en varios sectores principalmente al oriente del área de trabajo, aunque es posible encontrarlo en el extremo suroccidental. Un ejemplo de esta geoforma se encuentra en la vereda Chíchira, del municipio de Pamplona (Figura 38), presenta una morfología colinada, con laderas largas a moderadas, irregulares y escarpadas. La zona de influencia de esta geoforma se restringe al fuerte fallamiento en dirección E-W y NNW; expone un drenaje subparalelo y su superficie es aprovechada en algunos puntos para el desarrollo de

actividades ganaderas. Estas laderas se encuentran principalmente asociadas a estructuras regionales como el sinclinal de Pamplonita y la Carbonera.

Los procesos denudacionales de esta expresión topográfica, se asocian a movimientos en masa del tipo reptación de suelos y deslizamientos traslacionales, desarrollado sobre suelo residual producto de la meteorización de rocas Cretácicas de la Formación Aguardiente y Capacho (Areniscas y Shale); además de procesos erosivos como terracetos (pata de vaca).

**Figura 38. Panorámica ladera de contrapendiente de sierra sinclinal (Ssslc), donde se observa procesos denudativos asociados. a) Vista tomada desde la carretera que conduce del municipio de Pamplona al municipio de Chitagá, departamento de Norte de Santander; b) imagen tomada de Google Earth.**



Fuente: Tomada de Google Earth y Autor.

### 5.2.1.20 Ladera estructural de sierra sinclinal (Sssle)

Geoforma definida por estratos inclinados en favor de la pendiente topográfica y se desarrolla sobre los flancos de una estructura sinclinal. Esta ladera presenta una longitud moderadamente larga, de forma cóncava y pendiente inclinada a escarpada.

Esta expresión morfológica (Figura 39) se observa al oriente y suroccidente del área de trabajo, es labrada sobre rocas de diferente resistencias que van desde intermedias a duras (shale, areniscas y calizas), de edades Cretácicas; esta unidad es asociada a estructuras como el sinclinal de Pamplonita y La Carbonera, donde sus ejes presentan una dirección NNW. Un caso particular de esta geoforma se encuentra al suroriente del municipio de Pamplona, en la vereda Fontibón, donde sus laderas descansan sobre el flanco occidental del sinclinal de Pamplonita.

Los procesos denudativos presentes sobre estas laderas se relacionan a movimientos en masa del tipo reptación de suelos, deslizamientos rotacionales de grandes dimensiones mayores a 80 m de ancho por 80 m de longitud total y procesos erosivos en terracetos (pata de vaca), ocasionado por el desarrollo de la actividad ganadera en la zona.

**Figura 39. Panorámica ladera estructural de sierra sinclinal (Sssle). Imagen tomada de Google Earth, sector conocido Santa Isabel, municipio de Pamplona, departamento de Norte de Santander, asociado al sinclinal de Pamplonita.**



Fuente: Tomado de Google Earth.

#### **5.2.1.21 Plano aluvial confinado (Svc)**

Plano aluvial de pendiente plana a suavemente inclinada el cual se encuentra limitado por elevaciones a manera de un valle cerrado. Originado por bloqueo temporal de un cauce fluvial, generado por fallamiento. Se constituye de materiales aluviales finos y rocas muy fracturadas.

Geoformas de estas características se observa en el área donde fue construido el municipio de Pamplona (Figura 40); la morfología del depósito es plana, con inclinación suave y está constituido por depósitos aluviales cuya composición corresponde a material heterogéneo de rocas sedimentarias en matriz de arenas, limos y arcillas. Presencia de fallamiento en bloques levantados y hundidos, con procesos de erosión superficial y terracetos originadas por el uso del suelo.

**Figura 40. Plano aluvial confinado (Svc), municipio de Pamplona, Norte de Santander.**



Fuente: Autor.

## 5.2.2 Geoformas de origen denudacional

Los factores agradacionales y degradacionales se han encargado de darle un nuevo aspecto a la superficie actual del terreno; actuando de manera directa sobre aquellas geoformas preexistentes generadas por procesos endógenos de variada intensidad.

Estas geoformas se caracterizan por presentar intensos procesos denudacionales, definidos por la acción conjunta de la meteorización, erosión y transporte de origen gravitacional y pluvial, encargados de eliminar, modelar y generar nuevas características de la expresión topográfica.

A continuación se muestran de manera resumida cada una de las 5 unidades geomorfológicas denudativas; definidas por sus rasgos morfológicos y distribuidos principalmente sobre el sector oriental de la plancha.

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

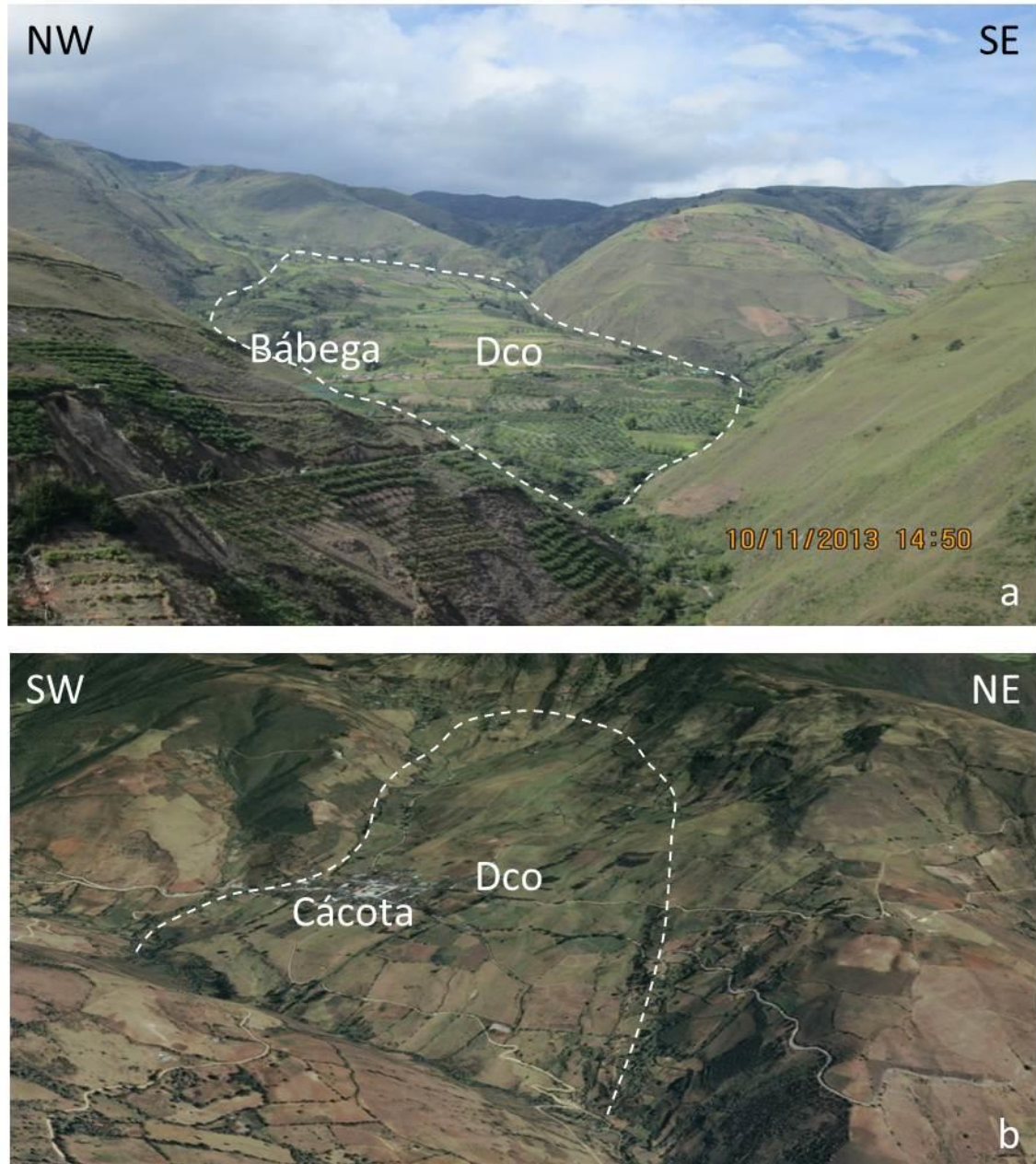
Geoforma en forma de cono y lóbulos de tierra o roca de morfología baja. Se originan por procesos de transporte y depositación de materiales sobre las laderas

y por efecto de procesos hidrogravitacionales, sus principales características morfológicas son forma cóncavas-convexas y pendiente inclinada a escarpada; se encuentran constituidos por bloques y fragmentos heterométricos de rocas preexistentes, dentro de una matriz generalmente arcillosa a arena limo arcillosa.

La unidad (Figura 41) se encuentra distribuida heterogéneamente en toda la plancha, aunque predomina hacia la parte oriental de la misma. Algunos ejemplos de esta unidad, se encuentra en el corregimiento de Bábega, municipio de Silos y las veredas: Negativa del municipio de Labateca, La Copa del municipio de Cacota, Llano Grande del municipio de Chitagá y en el sector donde se encuentra el casco urbano del municipio de Cacota; está asociada principalmente a los depósitos de coluvión, talud o movimientos en masa de dimensiones mayores a 300 m de ancho por 300 m de longitud total.

Los procesos denudacionales son moderados, asociados a movimientos en masa del tipo reptación de suelo y deslizamientos rotacionales. Estos depósitos son utilizados para el desarrollo de actividades agrícolas o asentamientos humanos, como es el caso de municipio de Cacota.

Figura 41. Panorámica cono y lóbulo coluvial y de solifluxión (Dco), se observa el desarrollo de asentamiento humanos sobre estos. a) Corregimiento de Bábega, municipio de Silos, departamento de Norte de Santander; b) Municipio de Cáкота, departamento de Norte de Santander.



Fuente: Tomado de Google Earth y Autor.

### **5.2.2.2 Escarpe de erosión mayor (Deem)**

Geoforma escarpada de longitud larga, de forma cóncavo-convexa y recta, con pendiente muy escarpada, originado por socavación fluvial lateral o por procesos de erosión y movimientos en masa remontantes a lo largo de un drenaje mayor.

Se encuentra ubicada hacia parte sur-central de la plancha, vereda Bata del municipio de Silos. Esculpida sobre rocas Pre-Devónicas de la Formación Silgara y Ortogneis. No se observan procesos denudativos de importancia que la estén afectando. Su principal cobertura vegetal se asocia a bosque y pastos utilizados en actividades ganaderas.

### **5.2.2.3 Escarpe faceteado (Def)**

Geoforma con una geometría triangular o trapezoidal, con una base amplia y una cima angosta, con laderas de morfología alomada, de longitud moderadamente larga, de forma cóncava-convexa, con pendientes muy escarpadas.

Se encuentra ubicada hacia la parte sur de la zona de estudio, en la vereda Bata del municipio de Silos (Figura 42). Se desarrolló sobre rocas Pre-Devónicas de la Formación Silgara y Ortogneis, esta unidad geomorfológica es producto principalmente de la incisión de drenajes como la quebrada Mataperros. Se observa la presencia de pequeños movimientos en masa (Reptación y Deslizamientos traslacionales) y su suelo es aprovechado en actividades agrícolas.

**Figura 42. Escarpe faceteado (Def), se observa muy disectado y con algunos movimientos en masa, vereda Bata del municipio de Silos, departamento de Norte de Santander.**



Fuente: Autor.

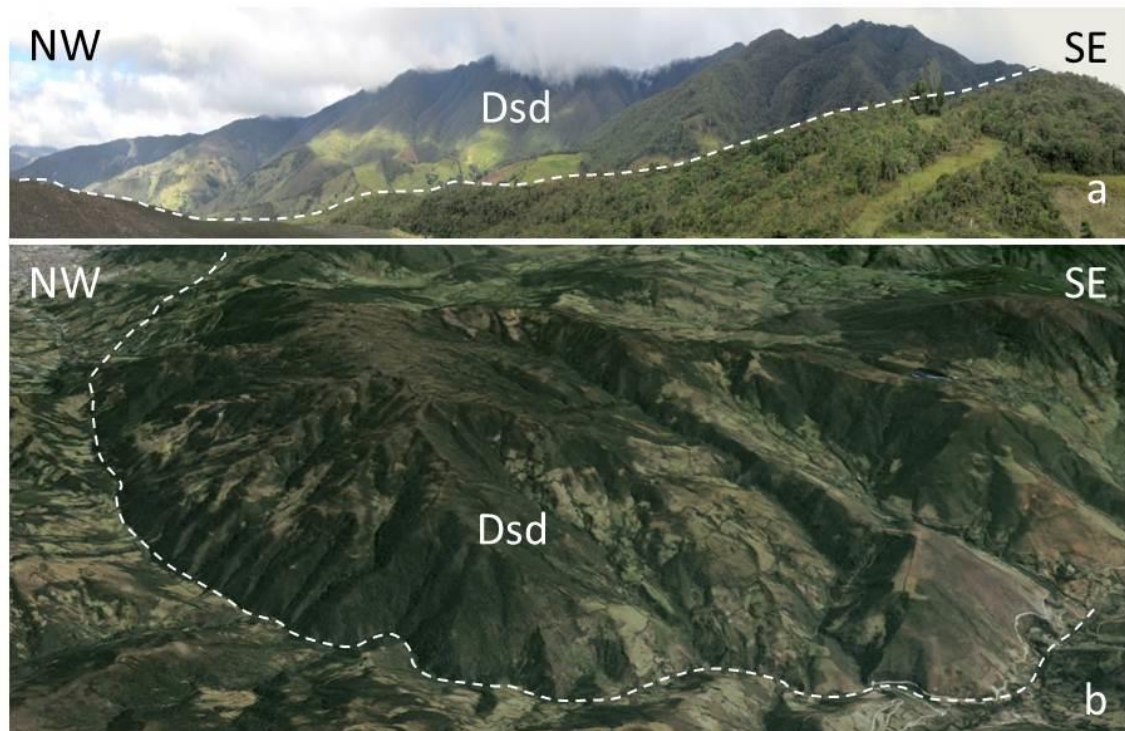
#### **5.2.2.4 Sierra Denuada (Dsd)**

Geoforma de morfología montañosa y elongada; sus laderas son largas, de forma cóncavas a convexas y con pendientes muy abruptas a escarpadas. El origen de esta expresión se asocia a procesos de erosión acentuada sobre el sustrato rocoso.

Esta unidad (Figura 43) se encuentra distribuida en varios sectores de la plancha, especialmente sobre el sector oriental donde se observa importantes procesos denudativos del tipo erosión en terracetas y movimientos en masa como reptación

de suelos y deslizamientos rotacionales. Se desarrolla sobre sustrato rocoso homogéneo como el granito de Durania, ortogneis y granito de Pescadero, de edades Devónicas y Jurásicas respectivamente. Rocas Pre-Cámbricas como el Neis de Bucaramanga, esquistos de la Formación Silgara de edad Pre-Devónica y Tonalitas del Triásico.

**Figura 43. Panorámica sierra denudada (Dsd), tomadas desde: a) vía que conduce del municipio de Pamplona con el municipio de Chitagá, departamento de Norte de Santander; b) Tomado de Google Earth.**



Fuente: Tomado de Google Earth y Autor.

#### 5.2.2.5 Terrazas sobreelevadas “colgadas” (Dts)

Superficies denudadas de morfología alomada y colinada, de pendiente suavemente inclinada que aparece como relicto de antiguas terrazas y modelados fluviales, emplazados a una altura mayor que el nivel base del cauce actual.

Corresponden a zonas afectadas por tectonismo o donde los procesos de erosión son más influyentes que los de depositación.

Esta unidad geomorfológica la encontramos distribuida en toda la plancha de manera heterogénea. Esta unidad corresponde a depósitos que por procesos de tectonismos han sido elevados. Estos no presentan procesos denudativos como movimientos en masa y su superficie en algunos casos es aprovechada en actividades agrícolas.

### **5.2.3 Geoformas de origen fluvial**

Estas geoformas se originan por procesos de erosión de las corrientes de aguas, principalmente por ríos y su posterior acumulación o sedimentación en zonas cercanas. Por lo general estas expresiones topográficas se encuentran aledañas a ríos, quebradas o en el fondo de los cauces.

#### **5.2.3.1 Abanico Fluviotorrencial (Faa)**

Corresponde a un depósito en forma de cono; sus laderas son cóncavo convexas, de morfología plana y aterrazada. El origen está geoforma se encuentra asociado a la acumulación torrencial y fluvial en forma radial, donde los depósitos aluviales se depositan radialmente desde el ápice del abanico localizado en la salida de la corriente de las montañas. Los canales fluyen radialmente, cortando el abanico, siendo más profundos en el ápice del abanico y más someros al alejarse de él.

Esta unidad (Figura 44) se encuentra asociado a los depósitos de terrazas y cono de deyección, ubicados principalmente al oriente de la plancha. Un ejemplo importante de esta expresión morfológica se observan sobre el casco urbano del municipio de Chitagá, el cual se encuentra construido encima de este; presentan



una morfología muy suave, de pendiente inclinada y con dimensiones de cientos de metros.

La superficie de estas geoformas además de ser utilizadas como asentamientos humanos es útil para desarrollar actividades económicas como la agricultura y la ganadería.

**Figura 44. Panorámica abanico Fluviotorrencial (Faa), vista tomada desde la carretera que comunica al municipio de Chitagá con el Municipio de Silos, departamento de Norte de Santander.**



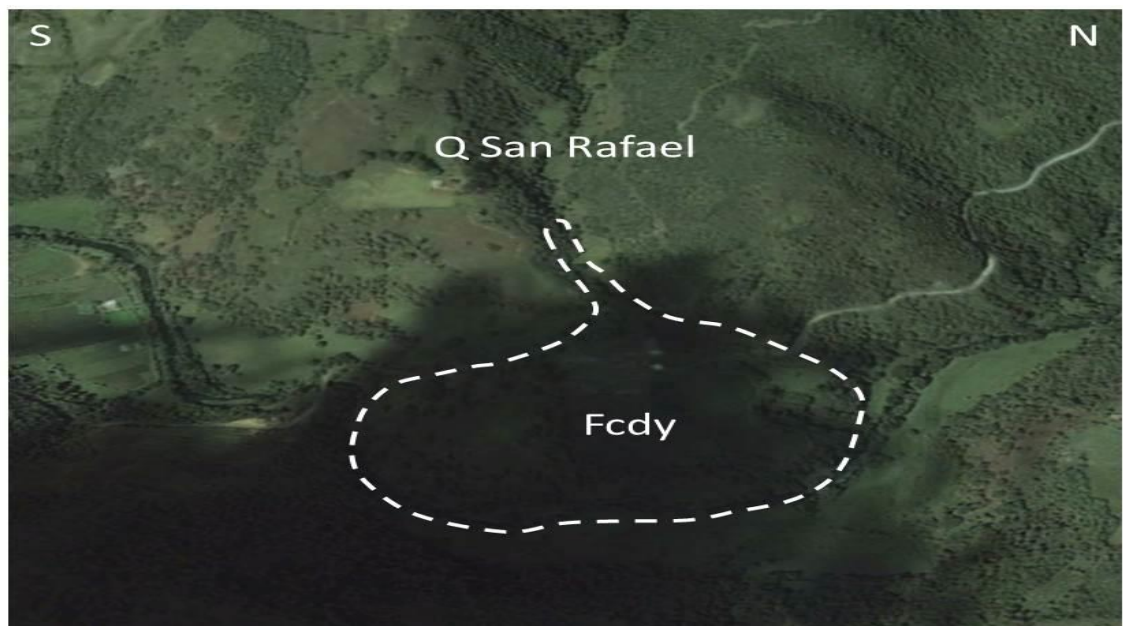
Fuente: Autor.

### 5.2.3.2 Conos de deyección (Fcdy)

Deposito en forma de cono en planta, con una inclinación de  $5^{\circ}$  -  $10^{\circ}$  y con una extensión de decenas de metros. Ubicados en el punto donde los canales o quebradas llegan a zonas de valles amplios. Se constituyen de tierras, arena y grava, donde los materiales más gruesos se localizan hacia el ápice en la zona de salida y los más finos en la zona distal.

Esta unidad se encuentra distribuida a lo largo del área de trabajo, asociados principalmente a drenajes no primarios que desembocan sobre zonas de baja pendiente. Un ejemplo de esta expresión topográfica (Figura 45) es la encontrada en la vereda las Peñas del municipio de Pamplona, producto de los sedimentos de la quebrada San Rafael. La superficie es aprovechada para actividades agrícolas y no presenta procesos denudativos.

**Figura 45. Panorámica conos de deyección (Fcdy), quebrada San Rafael, vereda las Peñas, municipio de Pamplona, departamento de Norte de Santander.**



Fuente: Tomado de Google Earth.

### 5.2.3.3 Escarpe de abanico fluvial (Fea)

Talud subvertical de longitud corta, de forma convexa, presentes en los bordes de la superficie del abanico, generado por procesos de incisión de la red de drenaje tributaria. Pueden alcanzar varios metros en la medida que se acerca al ápice del abanico.

Esta geoforma (Figura 46) se encuentra al suroriente de la plancha, en la vereda Llano Grande del municipio de Chitagá. Se encuentra en la parte más distante de un abanico fluvio-torrencial, producto de la socavación lateral generada por el río Chitagá. No se observan procesos denudativos y presenta una cobertura vegetal de pastos, con desarrollo de actividades agrícolas.

**Figura 46. Panorámica escarpe de abanico fluvial (Fea), vereda Llano Grande, municipio de Chitagá, departamento de Norte de Santander.**



Fuente: Tomada de Google Earth.

#### **5.2.3.4 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 estrechamiento del mismo. Constituida por material aluvial (arenas, limos y arcillas).

Se encuentra ubicada al Noroccidente del área de estudio, en las veredas Tablanca del municipio de Surata, sobre la quebrada del mismo nombre y la vereda Cerrillo del municipio de California, en la quebrada San Francisco.

#### **5.2.3.5 Plano o llanura de inundación (Fpi)**

Estos depósitos presentan una morfología de terreno plana, baja y ondulada. Esta geoforma se presenta bordeando los cauces fluviales y se limita localmente por escarpes de terraza. Se incluyen los planos fluviales menores en formas de “U” o “V” y conos coluviales menores, localizados en los flancos de los valles intramontanos. Es característico observa como en regiones montañosas donde las corrientes fluviales tienden a unirse con sus tributarios para formar el cauce principal se presentan como superficies estrechas, alargadas y profundas.

Esta geoforma se encuentra hacia el costado oriental y occidental de la plancha, en especial a lo largo de drenajes con cauces muy caudalosos, como los presentados en el río Chitagá (Figura 47). Donde se desarrolla este tipo llanura caracterizado por presentar material fino y grueso, producto de la meteorización de las rocas presentes.

**Figura 47. Panorámica plano o llanura de inundación (Fpi), sector del municipio de Chitagá, departamento de Norte de Santander.**



Fuente: Tomado de Google Earth.

### **5.2.3.6 Escarpe de terraza de acumulación (Ftae)**

Talud vertical a subvertical, excavado sobre sedimentos aluviales, que bordean terrazas aluviales de acumulación, cuyo origen está relacionado con la incisión y profundización del cauce. La altura de los escarpes puede alcanzar decenas de metros.

Esta unidad geomorfológica se puede encontrar al suroriente de la plancha, producto de las terrazas generadas por la acumulación existente del rio Chitagá. Donde la constante erosión del mismo genera esta expresión topográfica en forma de talud.

### **5.2.3.7 Terraza de acumulación antigua (Ftan)**

Franja alomada de varios kilómetros de extensión, de laderas moderadamente largas, con formas cóncavas y convexas, pendientes suaves a inclinadas. Se caracterizan por presentar pendientes de  $5^{\circ}$  a  $10^{\circ}$  en las partes altas, limitadas por escarpes. Hacen parte de la antigua llanura de inundación y de abanicos aluviales que fueron basculados y sometidos a procesos denudativos intensos que dejaron una morfología alomada. Su origen está asociado a la existencia de abanicos y planicies aluviales antiguas, muy disectadas y localmente tectonizadas.

Esta geoforma se encuentra ubicada hacia el sur de la plancha, en la vereda Salado Chiquito del municipio de Silos. Compuestas por gravas, arenas y arcillas. Sin presencia de procesos denudativos.

### **5.2.3.8 Terraza de acumulación subreciente (Ftas)**

Franja plana y suavemente inclinadas, remanentes de terrazas de edad subreciente de morfología ondulada y disectada, localmente basculada con inclinaciones de pendiente del orden de  $3^{\circ}$  a  $5^{\circ}$ , limitada por escarpes de 5 a 20 m. Compuestas por arenas y arcillas, localmente con intercalaciones de arenas arcillosas y grava fina.

Esta expresión topográfica (Figura 48) se encuentra ubicada al occidente y oriente de la plancha. Un ejemplo de esta unidad se observa en el casco urbano del municipio de Tona el cual fue construido sobre este depósito. La terraza se encuentra bordeando el río Tona de naturaleza meandriforme, el cual se ha encargado de generar la incisión y erosión vertical sobre las rocas para su posterior depositación.

**Figura 48. Panorámica terraza de acumulación subreciente (Ftas), donde yace el municipio de Tona. Vista tomada desde la vereda Pitones, municipio de Tona, departamento de Santander.**



Fuente: Autor.

#### **5.2.4 Geoformas de origen glacial**

Estas geoformas son productos de intensos periodos glaciares, donde procesos erosivos generados por el movimiento de las masas de hielo, genera una expresión morfológica sobre las rocas que se encuentren expuestas en las zonas de alta montaña. Estos procesos de intensa erosión labraron el sustrato rocoso preexistente y generaron grandes cantidades de sedimento acumulados en las laderas adyacentes.

En la zona de estudio se puede observar un ambiente glacial y periglacial sobre la cota de altura de 3000 en adelante.

#### 5.2.4.1 Circo glacial y de nivación (Gc)

Esta geoforma (Figura 49) se caracteriza por presentar paredes cóncavas semicirculares de longitudes cortas, escarpadas formadas por socavación debida a la acción erosiva de nieve en zonas de influencia glacial y periglacial. Se encuentran en la parte alta de las paredes de valles glaciales, y asociados con valles colgantes menores.

La unidad geomorfológica se encuentra ubicada al noroccidente del área de estudio en el sector comprendido por la vereda el Salado del municipio de Vetas. Se caracterizan por presentar cierto grado erosivo alto en las paredes del mismo, labrada sobre rocas Pre-Cámbricas del Neis de Bucaramanga.

**Figura 49. Panorámica circo glacial y de nivación (Gc), vereda el Salado del municipio de Vetas, departamento de Santander.**



Fuente: Tomada de Google Earth.

#### **5.2.4.2 Cuesta estructural glaciada (Gce)**

Sierras asimétricas elongadas y amplias de morfología alomada definida por el basculamiento suave ( $10^\circ - 25^\circ$ ) de capas de rocas duras y blandas, afectadas localmente por procesos de extracción (Plucking) y gelifracción moderada a intensa.

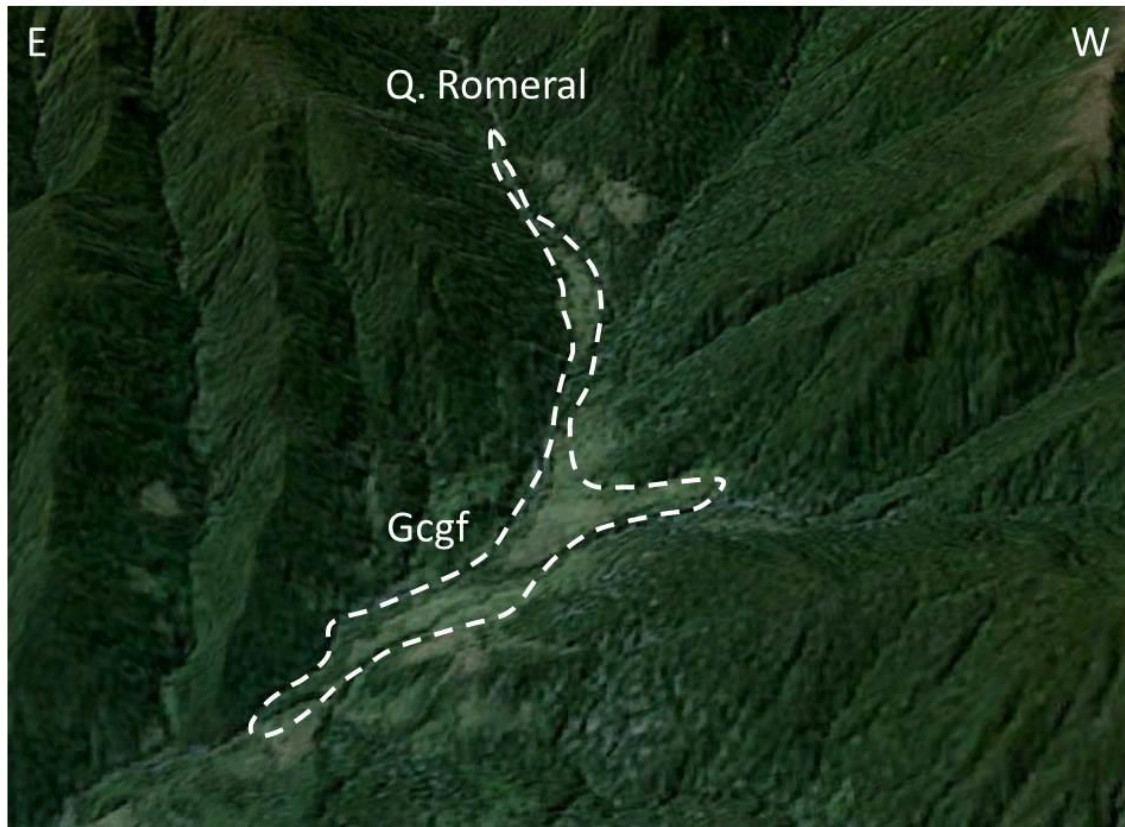
La podemos observar al suroccidente del área de estudio, en el sector conocido como los Positos y el Topón del municipio de Tona. Se encuentra sobre rocas de edad Jurásicas del Granito de Pescadero. No se observan procesos denudativos asociados a movimientos en masa y su suelo debido a las condiciones climáticas del área, no es aprovechado en actividades económicas. Presenta cobertura vegetal de pastos en malas condiciones y matorrales.

#### **5.2.4.3 Conos glaciofluviales (Gcgf)**

Depósitos en forma de conos de longitud corta larga a muy larga, de laderas rectas a convexas y muy inclinadas; constituidos principalmente de bloques angulares de varios metros, en una matriz arcillosa con bloques de tamaños decimétricos y localmente con presencia de paleosuelos negros.

Esta unidad se encuentra distribuida heterogéneamente en el sector occidental de la plancha. Estos depósitos pueden alcanzar extensiones considerables y son producto del deshielo ocurrido en la zona. Un ejemplo particular de esta geoforma (Figura 50), es el encontrado en la vereda Carrizal del municipio Cucutilla, donde producto del deshielo, estos sedimentos de diferente tamaño, han sido trasportado por el canal de la quebrada Romeral y depositados.

**Figura 50. Panorámica conos glaciofluviales (Gcgf), vereda Carrizal del municipio de Cucutilla, departamento de Norte de Santander.**



Fuente: Tomada de Google Earth.

#### **5.2.4.4 Cono y lóbulo de gelifracción (Gclg)**

Conos y lóbulos alomados de longitudes moderadamente largas y formas cóncavas y convexas. Se constituyen de material particulado, soportado por bloques heterométricos. Su origen está asociado con procesos de gelifracción en terrenos altamente saturados y sometidos a congelamiento y deshielo periódico.

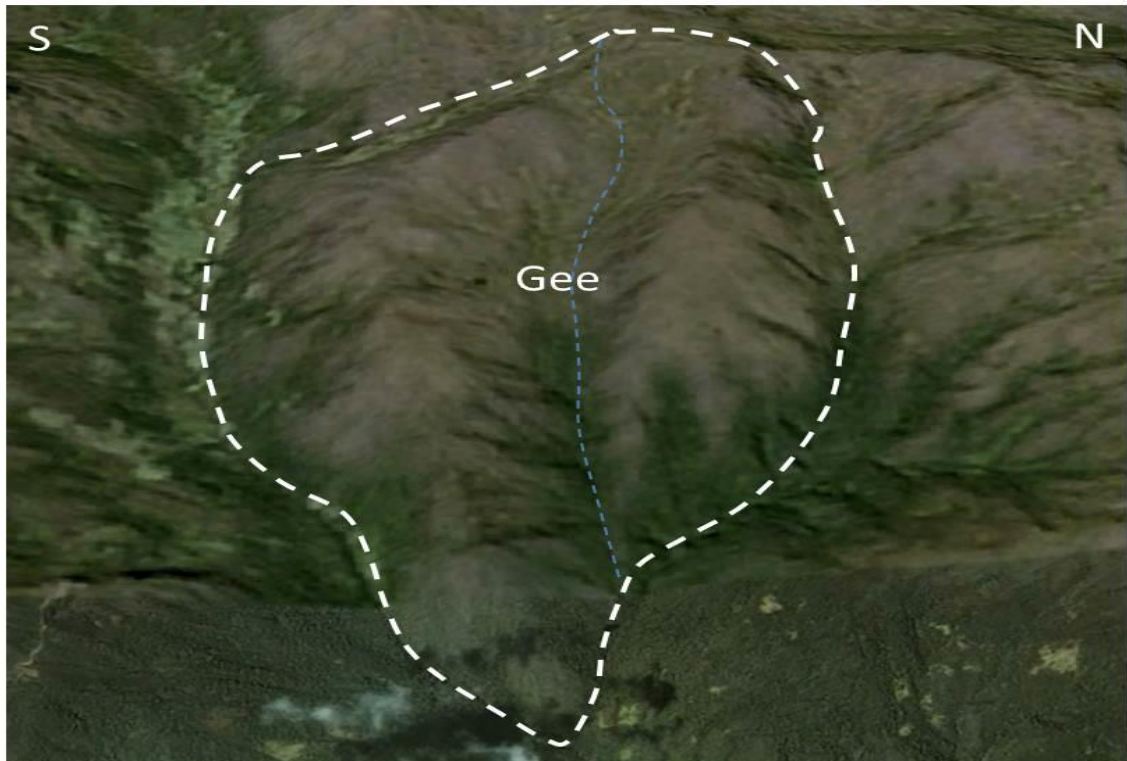
Esta geoforma se encuentra distribuida en varios sectores de la plancha, principalmente al occidente. Estos depósitos son producto de la meteorización de las rocas infrayacentes como son esquistas. Neis, Tonalitas y Granitos.

#### 5.2.4.5 Espolón estructural glaciado (Gee)

Salientes simétricas agudas de morfología alomada y laderas cortas, de formas rectas y muy inclinadas, formadas por planchas estructurales que limitan valles en forma de "U", cuyo origen obedece a procesos erosivos glaciales.

Se encuentra ubicada al occidente de la plancha y está asociado a rocas Pre-Cámbricas del Neis de Bucaramanga y Pre-Devónicas de la Formación Silgara y ortogneis. No se observan procesos denudativos como movimientos en masa y su suelo no es aprovechado para actividades económicas, debido a las condiciones climáticas encontradas en una cota por encima de los 3.100 msnm (Figura 51).

**Figura 51. Panorámica espolón estructural glaciado (Gee), vereda las Hermosas del municipio de Vetas, departamento de Santander.**



Fuente: Tomado de Google Earth.

#### 5.2.4.6 Flancos de valle glacial (Gflv)

Corresponden a laderas cóncavas de pendientes abruptas y longitudes cortas a moderadamente largas localmente con facetas truncadas. Su origen se asocia a procesos laterales de exaración y labrado ejercidos por las masas de hielo lateral sobre los flancos del valle inicial.

La unidad geomorfológica (Figura 52) se encuentra al oriente del área de trabajo, un ejemplo es el encontrado hacia el nororiente del corregimiento de Berlín, en la vereda Leuta y el sector conocido como Loma Grande. Estos valles se desarrollan sobre la quebrada Meteperros, esculpiendo rocas esquistosas y néisicas de edad Pre-Devónica.

**Figura 52. Panorámica flancos de valle glacial (Gflv), vereda Leuta, corregimiento de Berlín, departamento de Santander.**



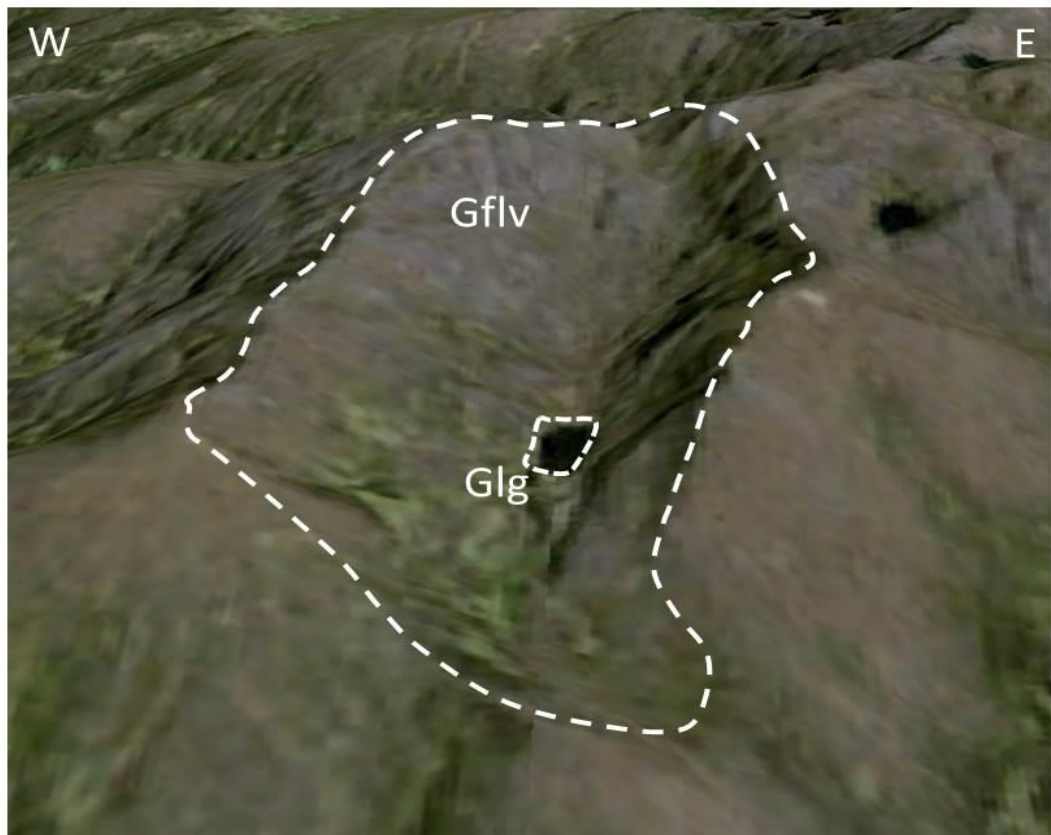
Fuente: Tomada de Google Earth.

#### 5.2.4.7 Laguna glacial (Glg)

Cuerpos de agua en zonas montañosas glaciadas, principalmente en la base o piso de los circos glaciales. Se incluyen igualmente los lagos formados en planicies glacio-lacustrinas, la fracción sólida suele estar constituida por materiales finos arcillosos.

Se encuentra ubicada al noroccidente de la plancha, producto del deshielo de las masas de hielo. Un ejemplo particular (Figura 53) es el encontrado en la vereda el Salado del municipio de Vetas.

**Figura 53. Panorámica laguna glacial (Glg), vereda el Salado del municipio de Vetas, departamento de Santander.**



Fuente: Tomado de Google Earth.

#### 5.2.4.8 Morrena de fondo (Gmf)

Depósitos de forma alomada localizados en el fondo de los valles glaciales, constituidos en general por fragmentos de roca angulares dispuestos caóticamente en matriz arcillosa o arenosa muy compacta. Se asocia con la depositación de grandes masas de sedimento, producto del transporte y acumulación por la masa de hielo.

Esta unidad está directamente relacionada con los depósitos glaciáricos encontrados en la zona de estudio, que se encuentran distribuidos en el sector comprendido por el ambiente glaciar y periglaciar, entre el municipio de Vetás, Mutiscua y el corregimiento de Berlín.

#### 5.2.4.9 Morrena lateral (Gml)

Depósitos alomados lineares y elongados a lo largo de las márgenes de un valle glacial con laderas cóncavas muy cortas e inclinadas, constituidas de material glacial acumulado, tanto por lenguas glaciales como por conos glaciofluviales.

Se encuentra ubicada en el sector conocido como la lejía (Figura 54), mediante estudios detallados de la zona de estudio de Chaparro y Duarte (2013). Se concluyó la ocurrencia de un depósito de morrena lateral constituido de fragmentos de rocas subangulares a subredondeados con lentes de grava y localmente con bloques erráticos de tamaños métricos, que se observan como *boulders* finos a gruesos, con tamaños que van desde centímetros hasta alcanzar los 3 metros aproximadamente; producto de la meteorización de cuarzoareniscas de la Formación Aguardiente.

**Figura 54. Características depósito morrena lateral (Gml), localizadas sobre el costado oeste del depósito La Lejía del municipio de Pamplona, departamento de Norte de Santander.**



Fuente: Tomado de Chaparro y Duarte, 2013.

#### **5.2.4.10 Morrena terminal (Gmt)**

Deposito alomado en forma de medialuna en planta a manera de diques, las cuales se ubican transversalmente en la parte media o final de los valles glaciales. Sus laderas presentan forma convexa, de longitud muy corta y pendiente inclinada. Se componen de una mezcla caótica de arcilla, arenas y gravas angulares con muestras del arrastre; su origen se debe al avance y retroceso de una lengua glacial.

Esta unidad (Figura 55), se encuentra ubicada al noroccidente del depósito de la lejía. Mediante estudios detallados de Calderón y Romero (2009) se concluyó la ocurrencia de este depósito.

**Figura 55. Panorámica morrena terminal al NNW del Depósito La Lejía del municipio de Pamplona, departamento de Norte de Santander.**



Fuente: Tomado de Calderón y Romero, 2009.

#### **5.2.4.11 Plano y cono de sobrelavado glacial (Gpcs)**

Plano suavemente inclinado de longitud corta y recta localizado más allá del margen glacial definido por las morrenas terminales. Se constituyen de material glacial (arenas y gravas) depositado por corrientes fluviales generadas por deshielo glacial.

Esta unidad geomorfológica se encuentra al sur del área de estudio en la vereda la Lejía del municipio de Silos. El suelo no es utilizado en actividades económicas y presenta una cobertura vegetal de pastos.

#### 5.2.4.12 Plano glaciolacustrino (Gpgl)

Geoforma de superficie plana, caracterizada por presentar una pendiente suave a inclinada. Se compone de dos partes una el altiplano que expone un relieve alomado generado por antiguos procesos denudacionales y las vertientes de altiplanicie, que presentan longitudes largas a extremadamente largas afectada por procesos degradacionales y erosión acentuada sobre el sustrato rocoso.

La unidad geomorfológica (Figura 56) se encuentra ubicada al suroriente del municipio de Pamplona, en el sector conocido como la Lejía; está compuesto por un depósito cuaternario de aluvión, producto de la intensa erosión y meteorización sobre rocas intermedias a duras (neis, shale y arenisca), de edades Pre-Devónica y cretácica. Su superficie presenta una inclinación suave, donde su suelo es aprovechado para desarrollar actividades ganaderas y agrícolas.

Los movimientos en masas son muy escasos y los procesos erosivos se ven directamente relacionados a la actividad ganadera, generando erosión en terracetos (pata de vaca).

**Figura 56. Panorámica plano glaciolacustrino (Gpgl). Vista tomada desde la vía que conduce del municipio de Pamplona al municipio de Labateca, sector la Lejía del municipio de Pamplona, departamento de Norte de Santander.**



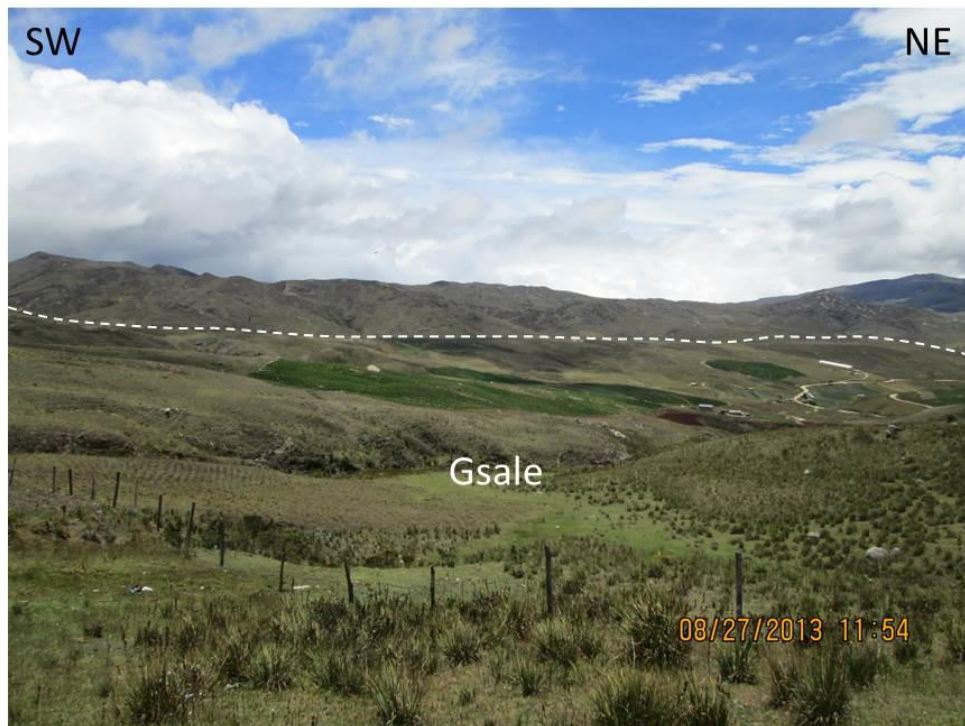
Fuente: Autor.

#### 5.2.4.13 Ladera estructural sierra anticlinal glaciada (Gsale)

Ladera de longitud extremadamente larga, de forma irregular y con pendiente abrupta cuyas capas se encuentran dispuestas en el mismo sentido de la pendiente. Se constituyen de rocas competentes afectadas por procesos de gelifracción y extracción (plucking).

Se encuentra al sur del área de estudio, en el sector conocido como Puente Nacional, municipio de Tona (Figura 57). Se desarrolla sobre rocas Pre-Devónicas de la Formación Silgara y Ortogneis y Jurásicas como el Granito de Pescadero; donde la foliación de los esquistos favorece la pendiente y dirección de la ladera. No presenta movimientos en masa y el suelo no es aprovechado en actividades económicas.

**Figura 57. Panorámica ladera estructural sierra anticlinal glaciada (Gsale), sector Puente Nacional, municipio de Tona, departamento de Santander.**



Fuente: Autor.

#### 5.2.4.14 Sierra glaciada (Gsg)

Extensión de terreno de morfología montañosa y elongada; sus laderas son moderadamente largas, de forma cóncava y con presencia de circos y lagunas glaciares.

Se aprecia al noroccidente en los municipios de Vetas (Figura 58), Mutiscua y el corregimiento de Berlín (Páramos de Berlín y Santurban). Labrada sobre rocas Pre-Cámbricas del Neis de Bucaramanga y Pre-Devónicas como la Formación Silgara y Ortogneis. No se observan movimientos en masa y su suelo es aprovechado en actividades agrícolas.

**Figura 58. Panorámica sierra glaciada (Gsg), vereda Ortegón del municipio de Vetas, departamento de Santander.**



Fuente: Autor.

#### **5.2.4.15 Sierra homoclinal glacial (Gshg)**

Sierra ligeramente simétrica elongada de morfología montañosa de cimas agudas y formada por una secuencia estratos o capas inclinados en una misma dirección por efecto de replegamiento intenso y fallamiento, afectadas posteriormente por procesos glaciales y periglaciales que dejaron, circos de nivación, glaciales y localmente valles en "U".

Esta unidad se encuentra al sur del área de trabajo en la vereda Lejía del municipio de Silos. Asociada a rocas Pre-Devónicas de la Formación Silgara y Jurásicas del Neis de Bucaramanga. No se observaron movimientos en masa.

#### **5.2.4.16 Ladera en contrapendiente de sierra homoclinal glaciada (Gshlc)**

Ladera que se caracteriza por la inclinación de los estratos en contra de la pendiente, de longitud moderada, de forma irregular y con pendiente, asociadas localmente a depresiones de nivación y circos glaciales. Presentan crestas agudas (aristas glaciales), circos glaciales y localmente valles.

Esta geoforma se encuentra ubicada principalmente al costado suroccidental de la plancha, un ejemplo característico de esta unidad (Figura 59) la encontramos al sur del corregimiento de Berlín la cual fue labrada sobre rocas Pre-Devónicas de la Formación Silgara y Jurásicas del Neis de Bucaramanga, los planos de esquistosidad de la formación Silgara ayuda para que se de esa expresión morfológica en contra de la pendiente del terreno. No se observaron movimientos en masa y los procesos erosivos son altos, debido a la intensidad del clima.

**Figura 59. Panorámica ladera contrapendiente de sierra homoclinal glaciada (Gshlc), corregimiento de Berlín del municipio de Tona, departamento de Santander.**



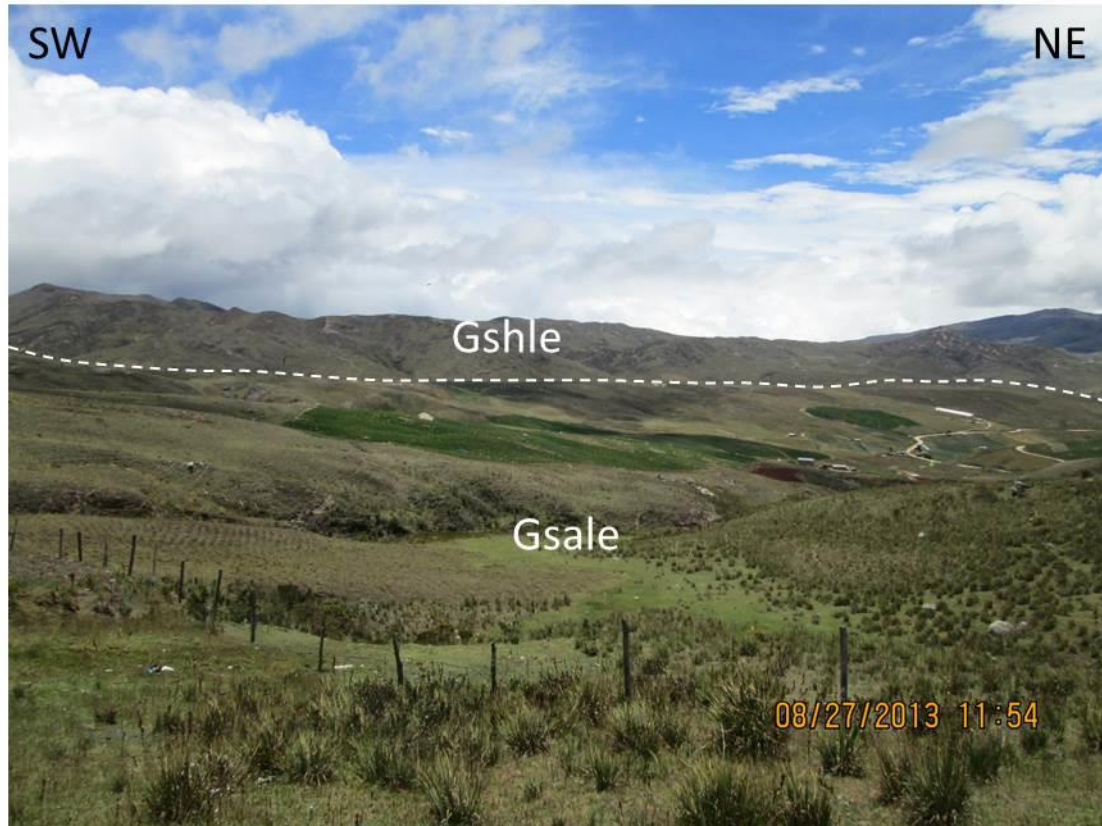
Fuente: Autor.

#### **5.2.4.17 Ladera estructural de sierra homoclinal glaciada (Gshle)**

Estructura caracterizada por la inclinación de los estratos en el mismo sentido de la pendiente con rangos que varían desde abruptas a muy escarpadas, de longitud muy larga de morfología irregular. Presentan crestas agudas (aristas glaciales), y delimitando valles glaciales en forma de "U".

Esta unidad geomorfológica se distribuye al oriente de la zona de estudio, labrada sobre rocas ígneo-metamórficas. Un ejemplo de esta geoforma (Figura 60) es la encontrada al suroccidente, en la vereda Saladito del corregimiento de Berlín. Se encuentra sobre rocas Pre-Devónicas como la Formación Silgara y Jurásicas como el Neis de Bucaramanga. La esquistosidad presente genera el aspecto de ladera a favor de la pendiente del terreno, no se observaron procesos denudacionales como movimientos en masa y en algunos sectores el suelo es aprovechado en actividades agrícolas.

**Figura 60. Panorámica ladera estructural de sierra homoclinal glaciada (Gshle), vereda Saladito del corregimiento de Berlín, departamento de Santander.**



Fuente: Autor.

---

## 5.3 INVENTARIO DE MOVIMIENTOS EN MASA PLANCHA 110- PAMPLONA

### 5.3.1 Análisis por sectores

La plancha 110-Pamplona, comprende los departamentos de Santander y Norte de Santander, dentro los cuales encontramos los municipios: Charta, Surata Matanza, Vetas, California, Tona, Pamplonita, Pamplona, Cacota, Chinácota, Labateca, Cucutilla, Arboledas, Chitagá, Silos y Mutiscua, que presentaron problemas de movimientos en masa distribuidos en sus distintas veredas; cada uno de estos eventos tiene una importancia diferente dependiendo de lo que estén afectando e incidiendo (Tabla 9).

A continuación se hará una breve descripción de estos procesos, donde se mostraran sus principales características, con su respectiva representación fotográfica. Para este análisis se utilizó la división departamental como límite y la utilización de municipios y veredas para agrupar los movimientos en masa.

**Tabla 9. Base de datos de los movimientos encontrados en la plancha 110-Pamplona, con su ubicación geográfica y códigos de registro SIMMA.**

CODIGO SIMMA	COORDENADAS GEOGRAFICAS			MUNICIPIO	VEREDA	DEPARTAMENTO
	LATITUD	LONGITUD	ALTURA			
26523	7°16'56,86661"N	72°57'56,89459"W	2103	Charta	Centro	Santander
26563	7°18'12,6572"N	72°58'6,38867"W	2093	Charta	La Rinconada	Santander
26587	7°17'19,42363"N	72°58'11,21347"W	2142	Charta	La Rinconada	Santander
26596	7°15'22,99297"N	72°57'39,2646"W	2282	Charta	Cristalina	Santander
26624	7°21'51,65197"N	72°59'9,54843"W	1724	Surata	Panaga	Santander
26626	7°22'6,25686"N	72°58'52,8209"W	1716	Surata	Panaga	Santander
26628	7°27'8,42276"N	72°57'50,93519"W	2540	Cachiri	Gramalotico	Santander
26630	7°22'8,03133"N	72°58'59,76059"W	1774	Surata	Casco Urbano	Santander
26643	7°22'25,06146"N	72°58'36,70212"W	1769	Surata	Casco Urbano	Santander
26652	7°21'14,05815"N	72°58'15,23088"W	1867	Surata	El Cerrillo	Santander
26679	7°21'1,39396"N	72°57'8,30266"W	1986	California	Casco Urbano	Santander
26685	7°20'56,87433"N	72°56'57,03465"W	2010	California	Casco Urbano	Santander
26691	7°22'50,86369"N	72°53'53,46115"W	2732	California	Angosturas	Santander
26705	7°22'19,99598"N	72°54'24,96982"W	2550	California	Angosturas	Santander
26724	7°20'59,38935"N	72°56'9,13984"W	2111	California	Casco Urbano	Santander
26748	7°18'54,29935"N	72°53'56,13863"W	2724	Vetas	Hortegon	Santander
26751	7°18'11,86071"N	72°52'29,93739"W	3369	Vetas	Borrero	Santander
26753	7°14'51,17649"N	72°53'52,60184"W	3772	Charta	Centro	Santander
26756	7°12'36,6584"N	72°56'10,4764"W	2637	Tona	Tembladal	Santander
26761	7°10'59,15917"N	72°59'21,35721"W	1625	Tona	Tumbasol	Santander
26765	7°19'3,23942"N	72°45'27,91552"W	2618	Mutiscua	Ospina parte baja	Norte de Santander
26769	7°19'32,11087"N	72°45'29,72114"W	2640	Mutiscua	Ospina	Norte de Santander
26770	7°16'44,32056"N	72°44'46,80058"W	2923	Mutiscua	Aventino	Norte de Santander
26772	7°17'53,05975"N	72°45'33,69501"W	2928	Mutiscua	Tapagua	Norte de Santander
26778	7°22'49,41996"N	72°37'46,62941"W	2187	Pamplona	Casco Urbano	Norte de Santander
26783	7°26'7,8224"N	72°38'5,18399"W	1704	Pamplonita	Casco Urbano	Norte de Santander
26784	7°28'44,25044"N	72°38'5,12802"W	1398	Pamplonita	San Antonio	Norte de Santander
26786	7°28'11,61133"N	72°38'5,20258"W	1447	Pamplonita	San Antonio	Norte de Santander
26787	7°18'15,62493"N	72°44'9,5696"W	2771	Mutiscua	Sabana Larga	Norte de Santander
26788	7°20'45,90243"N	72°43'2,23199"W	2995	Mutiscua	San Agustin	Norte de Santander
26790	7°23'4,23886"N	72°37'40,42015"W	2127	Pamplona	Casco Urbano	Norte de Santander
26791	7°21'35,84705"N	72°37'27,79962"W	2530	Pamplona	El Escorial	Norte de Santander
26797	7°17'4,86331"N	72°36'14,82701"W	2497	Cacota	Licaligua	Norte de Santander
26800	7°16'28,05806"N	72°39'49,06411"W	2437	Cacota	Upa	Norte de Santander
26806	7°14'58,81884"N	72°37'32,34112"W	2162	Cacota	El Uvito	Norte de Santander
26891	7°11'17,42754"N	72°39'13,40595"W	1951	Chitaga	El Espino	Norte de Santander
26928	7°9'40,33391"N	72°39'28,10915"W	2155	Chitaga	Siaga	Norte de Santander
26932	7°10'42,03537"N	72°41'47,08336"W	2298	Chitaga	Ritapa	Norte de Santander
26941	7°8'6,27063"N	72°40'26,91433"W	2386	Chitaga	Hato Grande	Norte de Santander
26943	7°10'38,73016"N	72°42'2,6359"W	2239	Chitaga	La Cabrera	Norte de Santander
26950	7°10'29,41534"N	72°42'43,71965"W	2123	Silos	Tutepa	Norte de Santander
26952	7°10'39,70513"N	72°42'23,94296"W	2160	Silos	Tutepa	Norte de Santander
26953	7°11'33,80863"N	72°41'57,02837"W	2240	Silos	Babega	Norte de Santander
26961	7°29'12,50536"N	72°44'18,93251"W	1832	Cucutilla	Guayabito	Norte de Santander
26967	7°28'56,19647"N	72°43'45,3322"W	1941	Cucutilla	Guayabito Alto	Norte de Santander
26979	7°29'4,00176"N	72°42'8,92314"W	2375	Cucutilla	San Miguel Alto	Norte de Santander
26987	7°28'21,48755"N	72°42'4,58929"W	2569	Cucutilla	San Miguel Alto	Norte de Santander
26995	7°24'21,72544"N	72°42'8,59663"W	2788	Pamplona	Sabagua	Norte de Santander
27034	7°24'46,73583"N	72°44'33,23659"W	2038	Pamplona	Caimas	Norte de Santander
27037	7°24'26,06809"N	72°35'47,65224"W	2407	Pamplona	Ulaga	Norte de Santander
27039	7°18'23,81251"N	72°36'15,87236"W	2369	Cacota	Santa Matilde	Norte de Santander

Fuente: Autor.

### 5.3.1.1 Departamento de Santander.

En el departamento de Santander se cartografiaron 20 movimientos en masa comprendidos en la plancha 110-Pamplona, donde 1 corresponde a catálogo y 19 a inventario. Se encontraron diferentes tipos de movimientos (Reptación, Caídas, Deslizamientos y flujos) con diferentes grados de importancia y afectación sobre población e infraestructura. Estos movimientos cumplen con la condición de ser cartografiables a escala 1:100.000 y el tiempo implementado para la recolección de datos fue de 7 días para esta zona.

#### 5.3.1.1.1 Municipio de Charta.

Este municipio presenta 5 movimientos en masa distribuidos en las veredas Centro, la Cristalina y la Rinconada; estos movimientos tienen la particularidad de presentar un grado de importancia media y alta, debido al grado de afectación de la comunidad e infraestructura.

La vereda **La Rinconada** presenta movimientos activos de una edad menor a 5 años, con momentos o instantes de tiempo en el que han afectado con mayor severidad. Se observaron dos tipos de movimiento, uno de ellos corresponde a un deslizamiento traslacional planar (Figura 61) con material detrítico; aunque el movimiento no presenta grandes dimensiones es un movimiento de importancia alta ya que cobro la vida de una persona y su bestia (caballo) que se encontraban en ese momento; el suelo presente es residual y la litología corresponde a la Formación Simití de edad Cretácico Inferior asociado a arenas e intercalaciones de lutitas. El otro movimiento se asocia a un flujo de detritos (Figura 62) de dimensiones considerables, genero daños importantes en la finca La Lomita, donde se vio afectado sus pastos utilizados en ganadería; el suelo es arcillolimoso de coloración marrón oscuro de origen residual y la formación presente es Rosa Blanca de edad Cretácico Inferior con contenido de lutitas grises y calizas. La

principal causa detonante de estos movimientos son las intensas lluvias presentadas durante abril del 2011, sumándole factores condicionantes como erosión fluvial, pluvial e irrigación.

**Figura 61. Movimiento traslacional planar que cobro la vida de una persona y de su bestia (caballo) en la vereda La Rinconada del municipio de Charta, departamento de Santander.**



Fuente: Autor.

**Figura 62. Flujo de detritos que afecto pastos utilizados en ganadería, vereda La Rinconada, del municipio de Charta, departamento de Santander.**



Fuente: Autor.

En la vereda **La Cristalina** se cartografió un movimiento de importancia media, que corresponde a un deslizamiento rotacional (Figura 63) de dimensiones mayores de 100m de ancho por 100 m de longitud total, de material detrítico y tierra. El suelo presente es arcillolimoso y la unidad geológica presente es la Formación Simití de edad Cretácico Inferior. Este movimiento género daños en las fincas cercanas donde sus pastos y potreros se vieron afectados.

**Figura 63. Deslizamiento rotacional, vereda La Cristalina del municipio de Charta, departamento de Santander. Se vieron afectados potreros y pastos; se observa escalonamiento.**



Fuente: Autor.

En la vereda **Centro** se observaron movimientos lentos como reptación (Figura 64), sobre suelo residual arcillolimoso y la litología presente corresponde al Granito de Pescadero de edad Triásico. La presencia de pastos, cultivos y su consecuente irrigación hace susceptibles estos terrenos a movimientos en masa; se evidencia este tipo de movimiento a partir de cercas y arboles inclinados. Otro de los movimientos de importancia alta debido a su tamaño y su amenaza sobre el municipio de Charta, es conocido entre la gente como **Volcán Amarillo** (Figura 65). Supera los 500 m de ancho por 500 m de longitud total, asociado a un movimiento complejo entre flujo de detritos y deslizamiento traslacional. Su potencial destructor es alto debido a que lleva activo por más de 30 años y cada vez que hay temporada invernal se convierte en un dolor de cabeza para el municipio; se encuentra ubicado entre las quebradas que discurren al rio Charta contribuyendo con material rocoso y detrítico. La litología en la que se desarrolla corresponde al Neis de Bucaramanga de edad Pre-Cámbrica. La reología del material sobre el cual yace, permite la proliferación de este tipo de movimiento; además de ser muy meteorizable en condiciones propicias.

**Figura 64. Reptación de suelo, vereda Centro del municipio de Charta, departamento de Santander. Se evidencia la inclinación de cercas y árboles.**



Fuente: Autor.

**Figura 65. Movimiento complejo entre Flujo de detritos y deslizamiento traslacional conocido como volcán amarillo vereda Centro; su amenaza es alta sobre el municipio de Charta, departamento de Santander.**



Fuente: Autor.

### **5.3.1.1.2 Municipio de Surata**

Este municipio de clima templado, presenta aproximadamente 6 movimientos en masa de dimensiones importantes, distribuidos en sus diferentes veredas: Panaga, El Cerrillo, Cachiri y el Casco Urbano, de los cuales dos presentan un alto grado de importancia que necesitan de atención prioritaria y uno de ellos corresponde a un flujo muy ilustrativo para este tipo de movimiento.

Hacia el **Casco Urbano** se observaron 2 movimientos en masa de importancia. Uno de ellos corresponde a un deslizamiento rotacional (Figura 66), de dimensiones amplias, mayores de 150 m de ancho por 150 m de longitud total. El cual presenta suelo residual arcillolimoso de coloración oscura y la litología presente corresponde a lutitas fisiles grisáceas de la Formación Umir de edad Cretácico Superior. Este movimiento ha sido de gran importancia, ya que su incidencia ha sido alta sobre la infraestructura presente; se han visto afectados el colegio oficial integrado Camacho Carreño, que en la actualidad está funcionando

en otro punto; la cancha de futbol, donde sus tribunas sufrieron el mayor daño; casas del barrio el portal exponen grietas en su estructura junto con la estación de policía y el banco agrario. Este proceso geológico requiere de una atención inmediata debido a su potencial destructor sobre la infraestructura y es uno de los movimientos con mayor peligrosidad en la plancha 110-Pamplona. Otro de los puntos observados con problemas se asocia a un deslizamiento rotacional (Figura 67) con dimensiones mayores a 50 m de ancho por 50 m de longitud total, el cual presenta obras de mitigación como muros de contención, pero que en la actualidad han sido insuficientes para detenerlo; yace sobre suelo arcillolimoso oscuro, la litología corresponde a lutitas grises y limolitas de la Formación Umir de edad Cretácico Superior y entre los daños generados por este, están algunas casas agrietadas, la carretera, cultivos y pastos utilizados en ganadería.

Unos de los principales condicionantes para que se presenten estos movimientos es la irrigación y la erosión pluvial; pero lo que ha detonado estos y de muchos de la zona son las constantes lluvias, en especial aquellas ocurridas durante los fuertes temporales invernales que afectaron el país recientemente.

**Figura 66. Deslizamiento rotacional sobre el Casco Urbano del municipio de Surata, departamento de Santander. Se observa el gran impacto que ha tenido sobre la infraestructura presente en la zona.**



Fuente: Autor.

**Figura 67. Deslizamiento rotacional en el Casco Urbano del municipio de Surata, departamento de Santander. Se observan obras de mitigación (muros de contención) y erosión en terracetas (pata de vaca).**



Fuente: Autor.

En la vereda **Panaga**, se observó un flujo de tierra (Figura 68) que causó daños a una finca, viéndose afectados potreros, pastos y algunos cultivos. Presenta unas dimensiones mayores a 50m de ancho por 50 m de longitud total, el suelo

presente es residual, arcillolimoso, de coloración oscura, producto de lutitas, lodolitas y arcillolitas de la Formación Umir de edad Cretácico Superior. Uno de los principales condicionantes que se observó en la zona son los escapes de agua de tuberías, que hacen que el terreno sea más inestable y vulnerable a movimientos en masa.

**Figura 68. Flujo de tierra, se observa la morfología del movimiento y el material presente en el área, municipio de Charta, departamento de Santander.**



Fuente: Autor.

### 5.3.1.1.3 Municipio de California.

Se cartografió un total 5 movimientos en masa, ubicados en la vereda Angosturas y el Casco Urbano, dentro de los cuales 3 de ellos cabe resaltar por su grado de importancia y su posibilidad de afectación a futuro.

En la vereda **Angosturas** se observó un deslizamiento traslacional planar (Figura 69), compuesto por roca ígnea granítica conocida como Granito de Pescadero de edad Triásica; las dimensiones del movimiento son mayores a 55 m de ancho por 150 m de longitud total y su impacto ha sido principalmente sobre la carretera que comunica a California con el proyecto angosturas; cabe considerar y tener en cuenta a futuro la posibilidad de que el material involucrado pueda causar un represamiento importante sobre la quebrada la Baja.

**Figura 69. Deslizamiento traslacional planar, municipio de California, departamento de Santander. Donde se observa obras de mitigación y el material constituyente.**



Fuente: Autor.

Hacia el **Casco Urbano** se observaron 2 movimientos, uno de ellos corresponde a un deslizamiento traslacional (Figura 70) con dimensiones mayores a 50 m de ancho por 130 m de longitud total, sobre suelo limoarcilloso oscuro sobre roca ígnea conocida como Granito de Pescadero de edad Triásico. Este movimiento es de gran importancia y de prioridad alta, que requiere de una atención inmediata

para que un futuro no cobre vidas; su incidencia y daños, han sido sobre casas, la carretera que comunica al municipio de California con el municipio de Vetas y una finca. La zona presenta obras de mitigación (gaviones) que han sido insuficientes y que en la actualidad están totalmente destruidos. Otro de los movimientos presentes es un deslizamiento traslacional planar (Figura 71) con caída de roca, de dimensiones mayores a 50 m de ancho por 50 m de longitud total, compuesto por areniscas y conglomerados de la Formación Tambor; es de importancia media debido a que genera obstrucción sobre el corredor vial que comunica al municipio de California con el municipio de Surata.

**Figura 70. Deslizamiento traslacional, municipio de California, departamento de Santander. Donde se observa que las obras de mitigación han sido insuficientes e ineficaces, carretera que comunica a California con Vetas.**



Fuente: Autor.

**Figura 71. Movimiento complejo, deslizamiento traslacional planar con caída de roca. Afectación de la carretera que comunica al municipio de California con el municipio de Surata.**



Fuente: Autor.

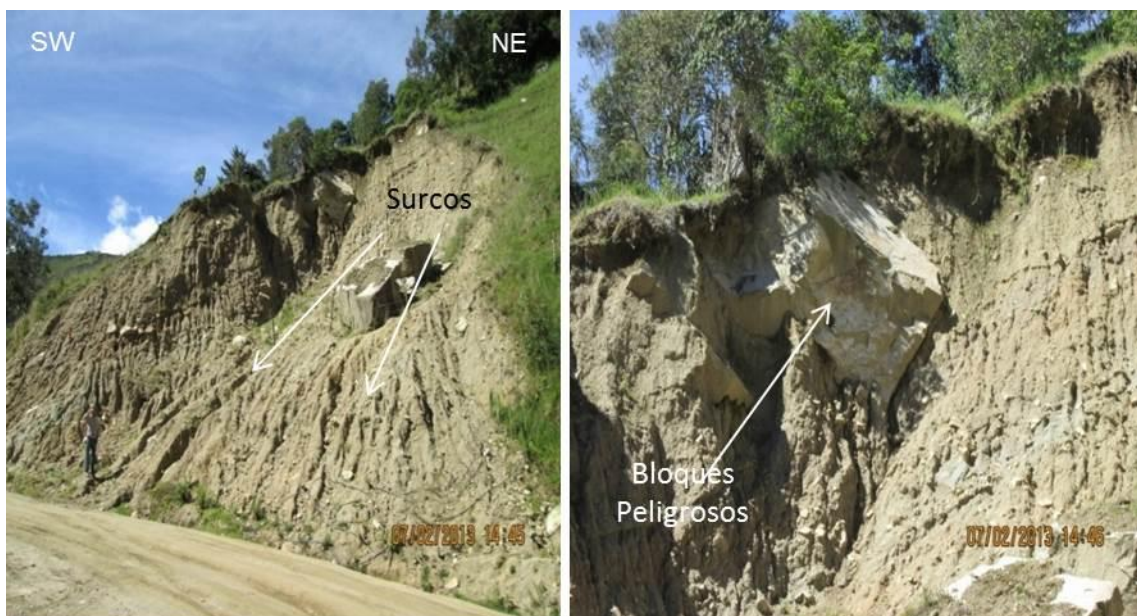
#### **5.3.1.1.4 Municipio de Vetás y Tona.**

El municipio de **Vetás** presentó 2 movimientos en masa, de los cuales uno corresponde a catálogo y el otro a inventario con importancia alta. En el municipio de **Tona** se caracterizaron 2 movimientos de importancia media y alta.

En la vereda **Ortegón** del municipio de **Vetás** se inventarió un movimiento complejo con deslizamiento traslacional (Figura 72) y caída de roca de dimensiones mayores a 50 m de ancho por 50 m de longitud total, el cual se encuentra sobre suelo residual limoarcilloso, con presencia del Neis de Bucaramanga de edad Pre-Cámbrica. Este movimiento afectó y destruyó una

tienda que se encontraba en su camino, que ya fue reconstruida e incidió sobre la carretera que comunica a California y Vetas. El sitio presenta problemas de infiltración de agua que pueden estar condicionando el terreno para este tipo de procesos.

**Figura 72. Movimiento complejo, deslizamiento traslacional y caída de roca; se observa erosión en surcos, municipio de Vetas, departamento de Santander.**



Fuente: Autor.

El municipio de **Tona** en la vereda **Tumbasol** se cartografió un deslizamiento traslacional con caída de roca (Figura 73), litológicamente expone esquistos ricos en micas y minerales oscuros como anfíboles de la Formación Silgara de edad Pre-Devónica. Su importancia es alta debido a que genera daños sobre el corredor vial que comunica al municipio de Tona con el municipio de Bucaramanga. En la vereda el **Tembladal** se inventario un deslizamiento rotacional (Figura 74) ubicado en la finca Yotuel, de dimensiones mayores a 100 m de ancho por 100 m de longitud total, se encuentra ubicado sobre suelo arcillolimoso oscuro, con



presencia de caliza fosilífera y paquetes de arenisca de la Formación Tablazo de edad Cretácico Inferior; este movimiento es de importancia alta debido a la afectación que ha tenido sobre la finca, donde los potreros y pastos se han visto perjudicados. La carretera que comunica al municipio de Tona con el corregimiento de Berlín ha presentado daños importantes, en el sitio se observan obras de mitigación que han sido insuficiente y se necesita de una intervención inmediata para que el movimiento no genere más destrucción.

**Figura 73. Deslizamiento traslacional con caída de roca, afectación sobre el corredor vial entre el municipio de Tona con el municipio de Bucaramanga.**



Fuente: Autor.

**Figura 74. Deslizamiento rotacional con amplia afectación en la finca Yotuel y la carretera que comunica al municipio de Tona con el corregimiento de Berlín.**



Fuente: Autor.

### 5.3.1.2 Departamento de Norte de Santander.

Se determinaron 31 movimientos en masa comprendidos en la plancha 110-Pamplona, dentro de los cuales 1 corresponde a catálogo y 30 a inventario. Se encontraron diferentes tipos de movimientos (Caídas, Deslizamientos y flujos) con grados de importancia diferentes y afectación sobre la población e infraestructura. Estos movimientos cumplen con la condición de ser cartografiables a escala

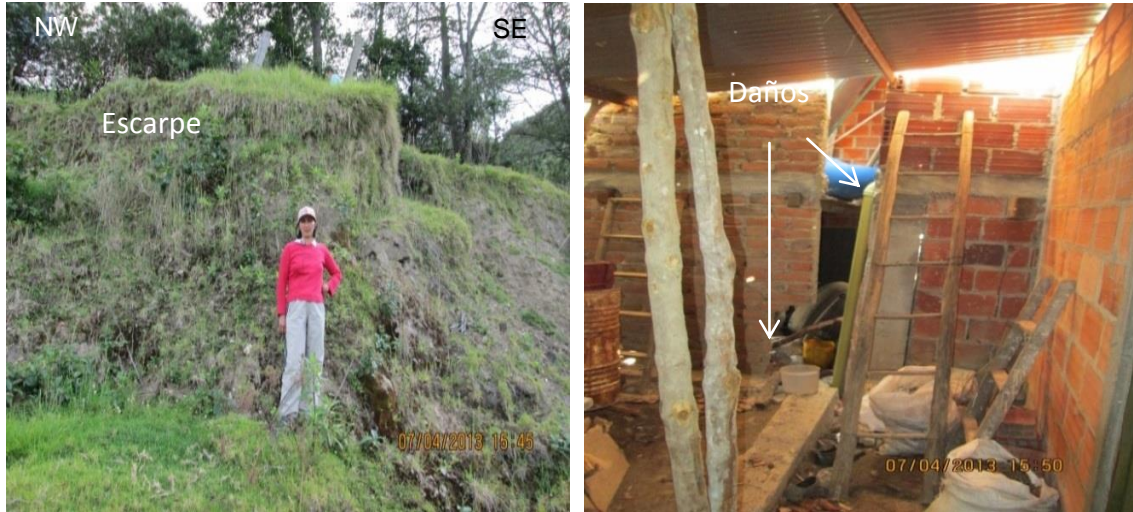
1:100000; el tiempo implementado para la recolección de datos fue de 10 días para esta zona.

### 5.3.1.2.1 Municipio de Mutiscua.

Se cartografiaron un total de 6 movimientos en masa, correspondientes a inventario, ubicados en las veredas: Ospina, Tapagua, San Agustín y el Casco Urbano. Cabe resaltar aquellos movimientos con importancia media a alta que tiene gran incidencia sobre infraestructura y probable afectación de la población de la zona.

En la vereda **Ospina** se observó un deslizamiento traslacional (Figura 75) de dimensiones mayores a 300 m de ancho por 300 m de longitud total, sobre suelo residual arcillolimoso de coloración oscura, producto de esquistos ricos en moscovita de la Formación Silgara; este movimiento es de importancia alta debido a la incidencia que ha tenido sobre las viviendas de la zona, se observan daños en la estructura de las mismas y requieren de una atención prioritaria; igualmente la carretera que conduce a la vereda Ospina parte alta también se ha visto afectada. El **Casco Urbano** del municipio presenta un deslizamiento traslacional planar (Figura 76) con presencia de suelo residual, limoarcilloso oscuro, resultado de la meteorización de lutitas de la Formación la luna de edad Cretácico Superior; las dimensiones superan los 50 m de ancho por 50 m de longitud total y se ha visto afectada la carretera principal que conduce del municipio de Mutiscua con el municipio de Pamplona. Este punto antiguamente funcionaba como cantera de extracción de material para relleno, esta actividad dejó inestabilidad en el terreno que se ve reflejado en los constantes movimientos en masa. En el año (2013) a mediados de febrero, presentó actividad y el material involucrado generó algo de anomalía en el transporte de carga y pasajeros.

**Figura 75. Deslizamiento traslacional donde se observa algunos escarpes y los daños generados sobre los viviendas, municipio de Mutiscua, departamento de Norte de Santander.**



Fuentes: Autor.

**Figura 76. Deslizamiento traslacional planar, antigua cantera de extracción de material para relleno, municipio de Mutiscua, departamento de Norte de Santander.**



Fuente: Autor.

### 5.3.1.2.2 Municipio de Pamplona y Pamplonita.

Estos municipios presentan un total de 9 movimientos en masa, donde 8 se ajustan a la escala de trabajo y se clasifica como inventario, el faltante se caracterizó como catálogo. En el municipio de **Pamplonita** se cartografiaron 3 movimientos, uno de ellos presenta importancia alta debido al riesgo que genera sobre la población e infraestructura, distribuidos en la vereda San Antonio y el Casco Urbano. Mientras que en el municipio de **Pamplona** se presentaron 6 movimientos de importancia media a alta, ubicados en las veredas: el Escorial, Sabagua, Caimas, Ulaga y el Casco Urbano.

En la vereda **San Antonio** del municipio de Pamplonita, se observó un movimiento compuesto, entre deslizamiento traslacional y caída de roca (Figura 77), yace sobre roca caliza fosilífera, shale y limolitas de la Formación Capacho de edad Cretácico Inferior. Su ancho supera los 150m pero su longitud total no supera los 50m; su importancia radica en la afectación que tiene sobre la carretera principal que comunica al municipio de Pamplonita con el Municipio de Cúcuta. Este movimiento presenta problemas de humedad, sumándole detonantes como los temporales invernales ocurridos últimamente en los Santanderes, hacen que su grado de importancia sea alto y sea prioritaria su intervención para mitigar el riesgo.

**Figura 77. Movimiento compuesto, deslizamiento traslacional con caída de roca; se observa los problemas de humedad, ubicado en el corredor vial que comunica al municipio de Pamplonita con el municipio de Cúcuta.**



Fuente: Autor.

En la vereda **Sabagua** del municipio de Pamplona, se encontró un deslizamiento traslacional (Figura 78) de dimensiones mayores a 100 m de ancho por 100 m de longitud total, sobre suelo residual, limoarcilloso, amarillento, el material presente está muy meteorizado con presencia Ortoneis de edad Pre-Devónico. Su principal afectación se da sobre la carretera que conduce del municipio de Pamplona con el municipio de Cucutilla y su grado de importancia es medio. Uno de los factores condicionantes para la ocurrencia de este tipo de movimiento, es la actividad antrópica presente, debido a la tala de pinos que deja descubierta y vulnerable la superficie, provocando zonas de enjambres de este tipo de movimiento. Hacia la vereda **Ulaga** del municipio de Pamplona, se observó un movimiento que se puede determinar como un flujo de rocas y detritos (Figura 79), el suelo es arcillolimoso de coloración ladrillo, producto de areniscas conglomeráticas y limolita rojiza de la Formación Girón de edad Jurásica. Este presenta un impacto sobre pastos y potreros, además de ser de alta peligrosidad sobre una vivienda que se encuentra cercana al mismo. Se observó la presencia de una obra de

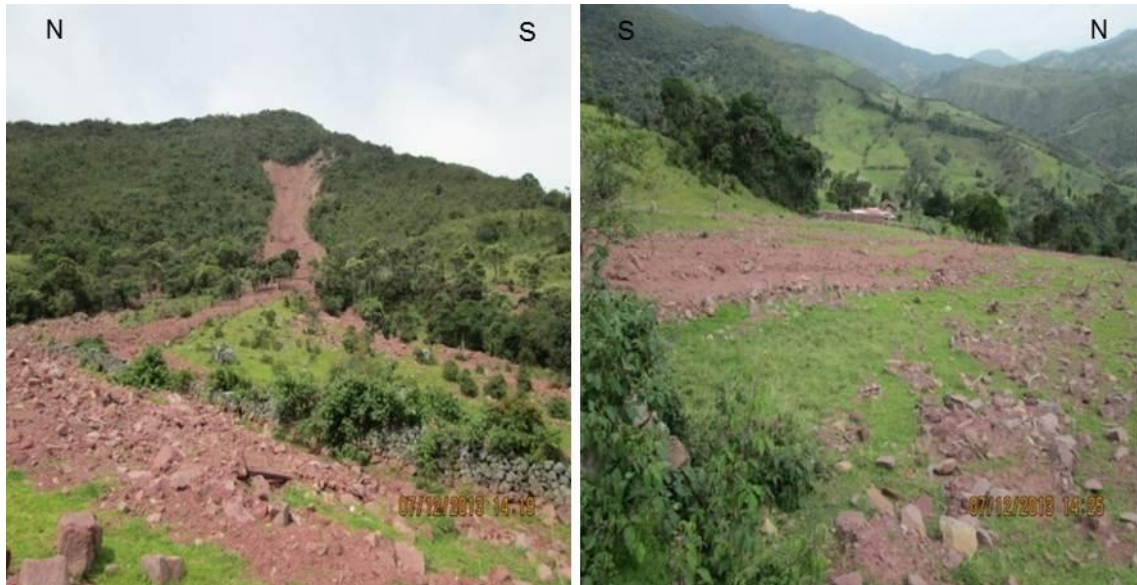
contención (gavión) que desvía el material, pero debido al calibrado observable, es probable que la obra sea insuficiente e ineficaz para mitigar este movimiento.

**Figura 78. Deslizamiento traslacional en la carretera que comunica al municipio de Pamplona con el Municipio de Cucutilla, se observa erosión en surcos, departamento de Norte de Santander.**



Fuente: Autor.

**Figura 79. Flujo de detritos donde se observa como el material transportado tiene un alcance importante respecto al punto de donde se originó, vereda Ulaga del municipio de Pamplona, departamento de Norte de Santander.**



Fuente: Autor.

En el **Casco Urbano** del municipio de Pamplona se observa un enjambre de deslizamiento rotacionales (Figura 80), con presencia de suelo limoarcilloso oscuro, resultado de lutitas y algo de caliza de la Formación Capacho de edad Cretácico Inferior; su importancia se da sobre el impacto que este tiene sobre la carretera principal que comunica al municipio de Pamplona con el municipio de Cúcuta.

**Figura 80. Deslizamiento rotacional sobre la carretera que conduce del municipio de Pamplona al municipio de Cúcuta, departamento de Norte de Santander.**



Fuente: Autor.

### 5.3.1.2.3 Municipio de Cacota.

Este municipio presento 4 movimientos en masa, ubicados en las veredas: Licaligua, Upa y Santa Matilde. De los cuales cabe resaltar aquellos que tienen una importancia alta debido a que presentan una amenaza sobre la población e infraestructura presente en la zona.

La vereda **Licaligua** presenta un movimiento compuesto por un flujo de detritos y caída de roca (Figura 81), de dimensiones mayores a 100 m de ancho por 100 m de longitud total; la litología existente en el área corresponde a neises cuarzos feldespáticos de la unidad Neis de Bucaramanga de edad Pre-Cámbrica. Su importancia radica en el riesgo que este movimiento pueda tener sobre el principal corredor vial que comunica al municipio de Pamplona con el municipio de Chitagá. Hacia la vereda **Upa** se observó un deslizamiento traslacional planar

(Figura 82) sobre roca granito rica en cuarzo y feldespatos potásicos, denominado Granito de Durania de edad Devónico inferior. Este movimiento tiene en un muy mal estado la carretera que conduce del casco urbano del municipio de Cacota con la vereda Upa; este corredor vial es importante debido a que por el transita vehículos de carga utilizados en minera desarrollada en la zona. Uno de los principales condicionantes para que se generen estos movimientos es la constante erosión pluvial.

**Figura 81. Movimiento compuesto, flujo de detritos y caída de rocas, corredor vial entre el municipio de Pamplona con el municipio de Chitagá, departamento de Norte de Santander.**



Fuente: Autor.

**Figura 82. Deslizamiento traslacional planar, se observa erosión en surcos afectando al material expuesto, municipio de Cacota, departamento de Norte de Santander.**



Fuente: Autor.

#### 5.3.1.2.4 Municipio de Chitagá.

Se cartografiaron 5 movimientos en masa, distribuidos en las veredas: El Espino, Hato Grande, Siaga, Ritapa y La Cabrera. Cada uno de ellos cumplen con la condición de ser cartografiables dentro de la escala 1:100.000 para considerarse como inventario. Se resaltan aquellos que presentan un grado alto de importancia sobre población e infraestructura.

La vereda **Ritapa** es escenario de un deslizamiento traslacional (Figura 83) de dimensiones superior a los 140 m de ancho por 200 m de longitud total, con presencia de suelo residual, limoarcilloso amarillento y material muy meteorizado; la litología presente son rocas ricas en cuarzo y algunos feldespatos con algo de bandeamiento, esta unidad es denominada Ortogneis de edad Pre-Devónica. Su principal daño se observa sobre la carretera que comunica al municipio de Chitagá con el municipio de Silos, con posibilidad de pérdida total de la misma, además de

observarse un enjambre de este tipo de movimiento en la zona; estos deslizamientos requieren atención inmediata debido a su grado alto de importancia. En la vereda **Hato Grande** se presenta un deslizamiento rotacional (Figura 84) con suelo residual, limoarcilloso, oscuro y la litología expuesta corresponde a lutitas grises y calizas de la Formación la Luna de edad Cretácico Superior. El principal riesgo asociado a este movimiento se da sobre pastos utilizados en ganadería y la posibilidad de destrucción de una casa que se encuentra muy cerca de este. Además de un posible represamiento en caso de que el material suministrado por el mismo sea mayor y obstruya la quebrada Agua Sucia que se encuentra hacia la base; es un movimiento de mucho cuidado, de importancia media, que requiere atención prioritaria, asumiendo la posibilidad de que en invierno las condiciones climáticas lo vuelvan más inestable.

**Figura 83. Deslizamiento traslacional, panorámica del movimiento y acercamiento que muestra la incidencia que está teniendo sobre la carretera que comunica al municipio de Chitagá con el municipio de Silos, departamento de Norte de Santander.**



Fuente: Autor.

**Figura 84. Deslizamiento rotacional, se observa el peligro latente sobre la vivienda hacia la parte superior y la posibilidad de obstrucción de la quebrada Agua Sucia hacia la base y generarse posteriormente represamiento, municipio de Chitagá, departamento de Norte de Santander.**



Fuente: Autor.

#### **5.3.1.2.5 Municipio de Silos.**

Se determinaron en esta zona 3 movimientos en masa correspondientes a deslizamiento traslacionales, uno de ellos compuesto con caída de roca, distribuido en las veredas: Tutepa y Bábeга, las dimensiones de estos son de cuidado y presentan incidencia importante sobre la vía que comunica al municipio de Chitagá con el municipio de Silos.

En la vereda **Tutepa** se cartografiaron 2 movimientos del subtipo deslizamiento traslacional (Figura 85) y uno de ellos compuesto con caída de roca. Se presenta sobre suelo residual limoarcilloso de coloración oscura y amarillenta, el material

esta meteorizado y fragmentado; la litología sobre la cual yace estos movimientos pertenece a unos ortogneis, de la unidad Ortogneis; esquistos micáceos y cuarcitas de la Formación Silgara de edades Pre-Devónica. Estos movimientos son de importancia alta debido a la afectación que se da sobre la carretera, generando obstáculo y en algunos casos pérdida de la misma banca. La carretera presenta enjambre de este tipo de movimiento en todo su trayecto resaltándose por su tamaño y afectación.

El corregimiento de **Bábega** presentó un deslizamiento traslacional (Figura 86) que generó gran impacto debido a que alcanzó a generar algo de represamiento y avalancha sobre la quebrada Mira Cielo, además de obstaculizar la carretera con el material suministrado. Su importancia es alta debido a que en un futuro y con las temporadas invernales que se presentan pueda ocasionar algo parecido o peor a lo que sucedió anteriormente; este deslizamiento presenta suelo residual arcillolimoso de coloración clara, material fragmentado y meteorizado; la litología que se observa son arcillolitas y lutitas de la Formación Capacho de edad Cretácico Inferior.

Los principales agentes condicionantes para estos movimientos son las aguas sueltas debido a escapes de tuberías, la erosión pluvial y las lluvias presentes en la zona.

**Figura 85. Deslizamientos traslacionales, uno de ellos con caída de roca (Derecha). Este tipo de movimiento es evidente en todo el trayecto de la carretera que comunica al municipio de Chitagá con el municipio de Silos, lo que hace prioritario su intervención con obras que puedan mitigar la posibilidad de afectación de este corredor vial.**



Fuente: Autor.

**Figura 86. Deslizamiento traslacional que género algo de represamiento y avalancha sobre la quebrada Mira Cielo, se observa la destrucción de mangueras utilizadas en cultivos, corregimiento de Bábega, departamento de Norte de Santander.**



Fuente: Autor.

### **5.3.1.2.6 Carretera que Comunica al Municipio de Pamplona con el Municipio de Cucutilla.**

A lo largo del trayecto comprendido en la carretera que comunica al municipio de Pamplona con el municipio de Cucutilla se observaron gran cantidad de movimientos en masa, con las dimensiones necesarias para ser cartografiables a escala 1:100.000. Se observaron 4 movimientos distribuidos en las veredas: Guayabito y San Miguel, los cuales han generado alta incidencia sobre la población y en especial sobre el corredor vial que comunica al municipio de Pamplona con el municipio de Cucutilla.

En la vereda **Guayabito** municipio de Cucutilla, se cartografió un movimiento compuesto, el cual es un deslizamiento traslacional con algo de caída de roca (Figura 87), sobre suelo residual arcillolimoso de coloración naranja ladrillo; la litología presente equivale a unos esquistos micáceos de la Formación Silgara de edad Pre-Devónico. Factores condicionantes como la erosión pluvial y detonantes como la lluvia, hacen de este un movimiento de cuidado, su grado de importancia es alto debido a los daños generados a la carretera.

Hacia la vereda **San Miguel** municipio de Cucutilla se encontraron deslizamientos traslacionales (Figura 88), uno de ellos con presencia de flujos hacia su base; se desarrollan sobre suelos arcillolimosos y arenolimosos de coloración clara. Cada uno de estos presenta una litología diferente, uno contiene roca granítica conocida como Granito de Durania de edad Devónico Inferior, el otro presenta cuarcitas y esquistos micáceos de la Formación Silgara de edad Pre-Devónico. Estos presenta un grado medio de importancia y su principal afectación se da sobre el corredor vial que comunica al municipio de Pamplona con el municipio de Cucutilla. Uno de los principales detonantes de estos movimientos está asociado a la temporada invernal ocurrida en semana santa del 2011 y al grado de meteorización y degradación que presenta el material.

**Figura 87. Deslizamiento traslacional con caída de roca, sus dimensiones no supera los 200 m de ancho por 200 m de longitud total, su afectación sobre la carretera es alta y se observa como agentes externos han generado erosión en surcos en el material que lo compone, municipio de Cucutilla, departamento de Norte de Santander.**



Fuentes: Autor.

**Figura 88. Deslizamientos traslacionales en la carretera que conduce del municipio de Pamplona con el Municipio de Cucutilla. Hacia la parte superior se observa una panorámica que muestra la presencia de enjambre de movimientos en la zona.**



Fuentes: Autor

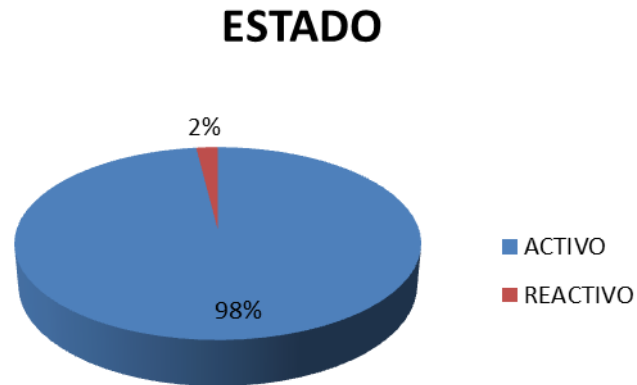
### 5.3.2 Indicadores Estadísticos Morfodinámicos

A continuación se realiza un análisis estadístico de las diferentes características y variables que poseen estos movimientos de remoción en masa que permitan identificar patrones o tendencias observables en la plancha 110-Pamplona, acerca del comportamiento de los mismos. Para ello se analizaron cada uno de los ítems propuestos por el formato de toma de datos en campo y generar conclusiones acerca del comportamiento de estos.

### 5.3.2.1 Estado-Estilo-Distribución

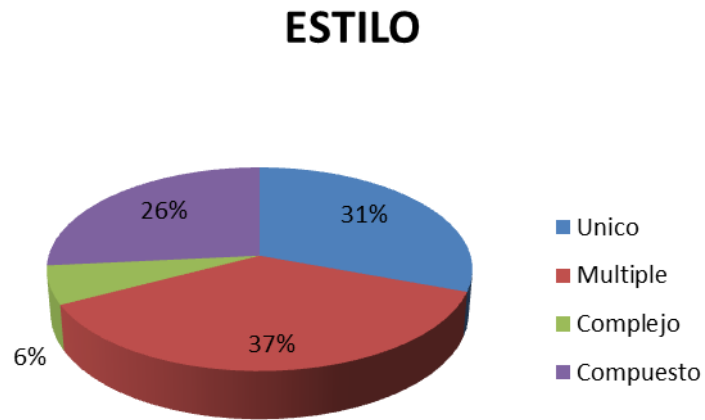
A partir de los porcentajes observados en los diagramas de tortas se puede considerar que la mayoría de los movimientos son activos, con un estilo múltiple, aunque este no sea tan predominante; ya que los demás estilos a excepción del complejo poseen porcentajes representativos. La distribución que predomina en la plancha 110-Pamplona son movimientos ensanchados.

**Figura 89. Estado de los movimientos**



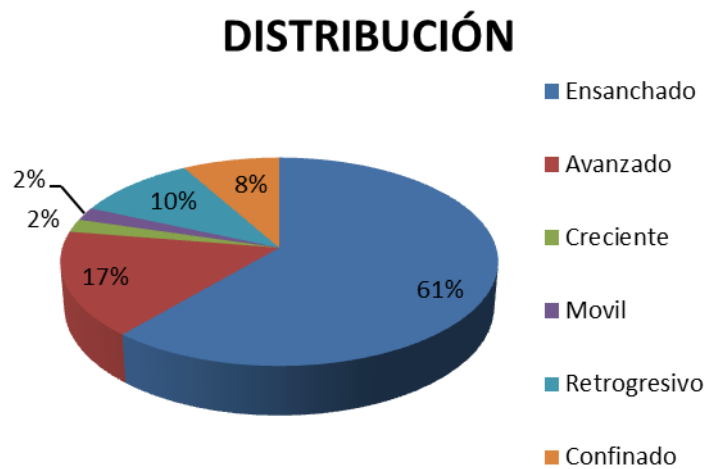
Fuente: Autor

**Figura 90. Estilo de los movimientos.**



Fuente: Autor

**Figura 91. Distribución de los movimientos.**

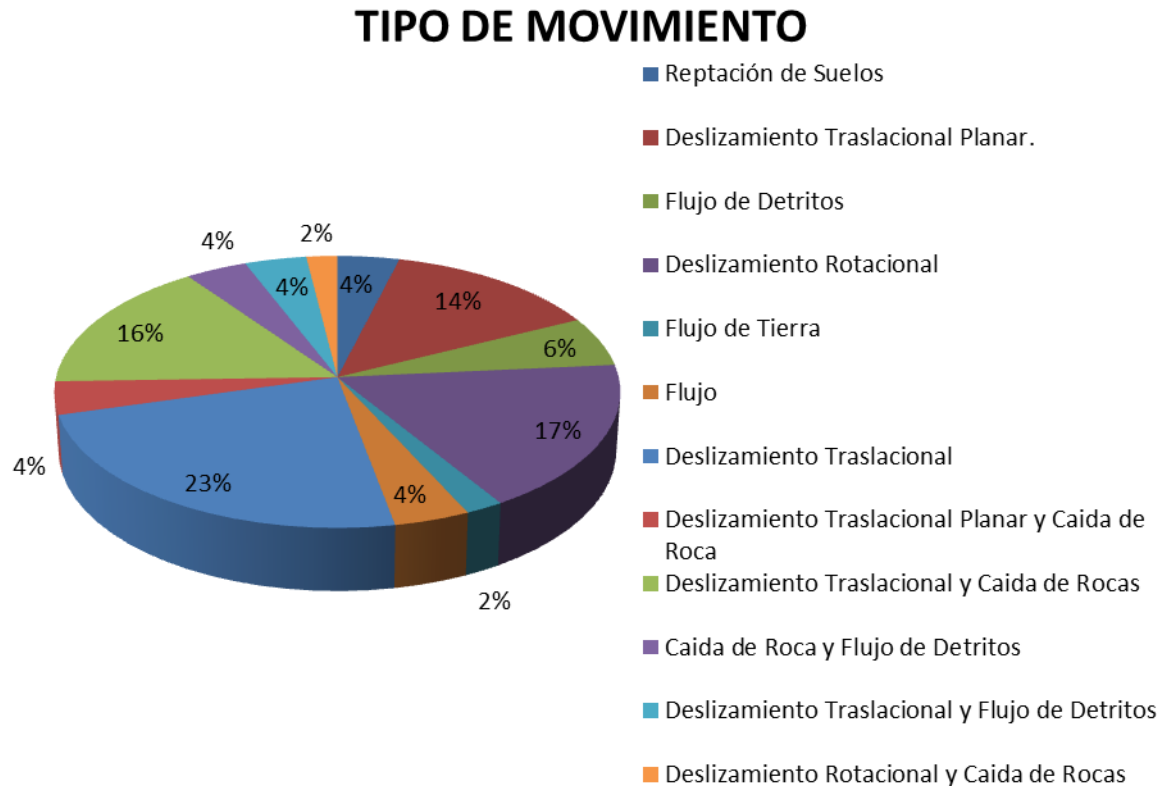


Fuente: Autor

### 5.3.2.2 Tipo de Movimiento

El movimiento que predomina en la plancha 110-Pamplona derivado de los datos porcentuales interpretados en los diagramas de tortas es el traslacional; aunque, se observa un cierto equilibrio con respecto a deslizamientos traslacionales planares, deslizamientos rotacionales y deslizamientos traslacionales con caída de roca. Se observan que los movimientos de menor porcentaje en la plancha 110-Pamplona son los flujos y reptaciones.

**Figura 92. Tipos de movimientos.**



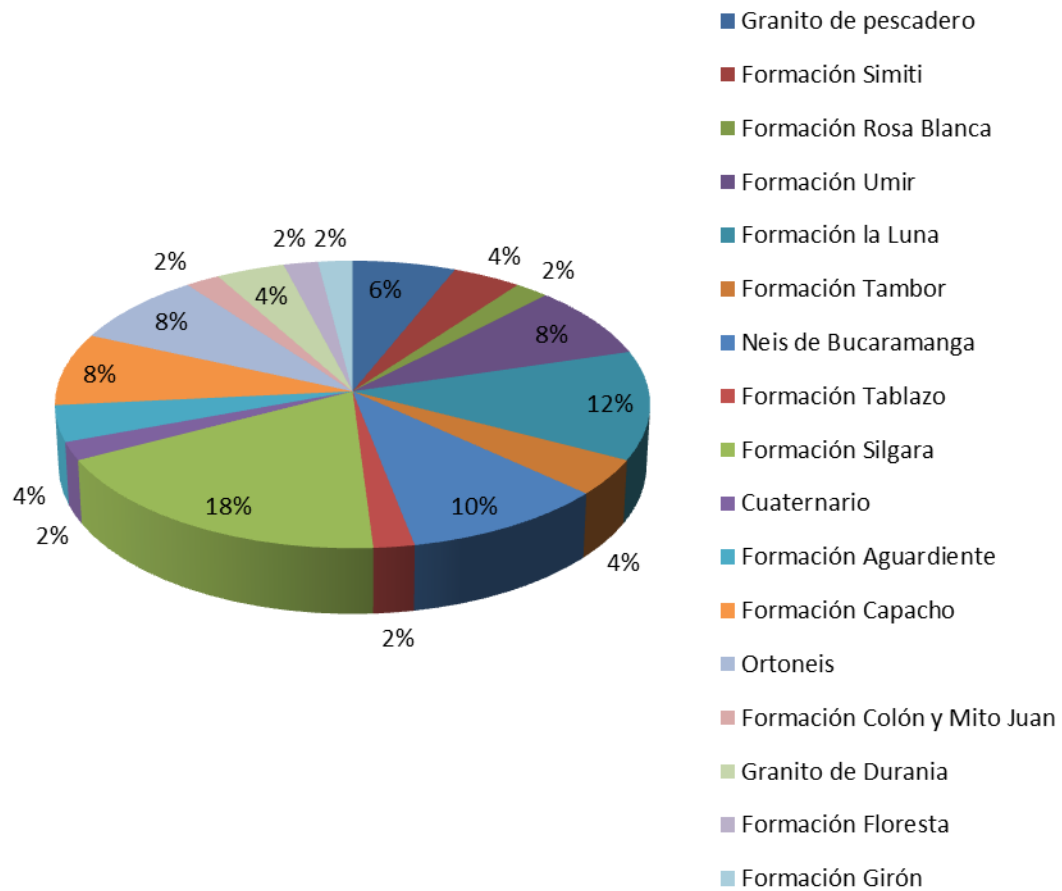
Fuente: Autor

### 5.3.2.3 Unidad Geológica

La unidad geológica que predomina es la formación silgara, esta unidad se compone de filitas, esquistos y cuarcitas, de ahí que sea una unidad con cierto grado de factibilidad a la presencia de movimientos en masa; mientras que las otras litologías no presentan una tendencia marcadas entre ellas, se observa una equivalencia entre las mismas. Cabe añadir que la litología no es factor detonante sino condicionante, para que ocurra un movimiento debe haber una confluencia de factores externos e internos.

Figura 93. Unidad geológica.

## UNIDAD GEOLOGICA

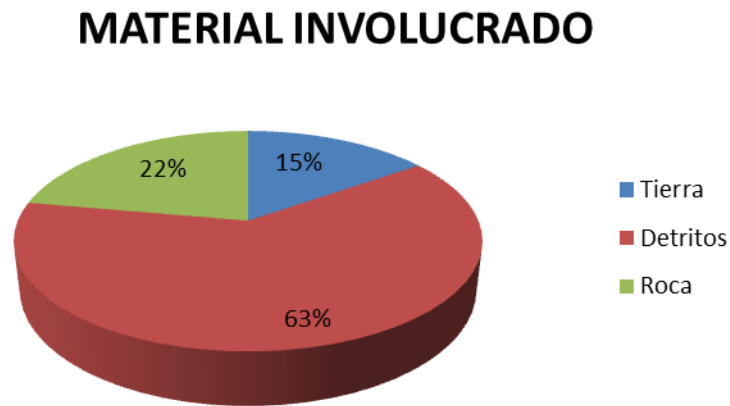


Fuente: Autor

#### 5.3.2.4 Material Involucrado

El material que predomina en los movimientos en masa de la plancha 110-Pamplona son detritos y en menor porcentaje se encuentra roca y tierra.

**Figura 94. Material involucrado.**



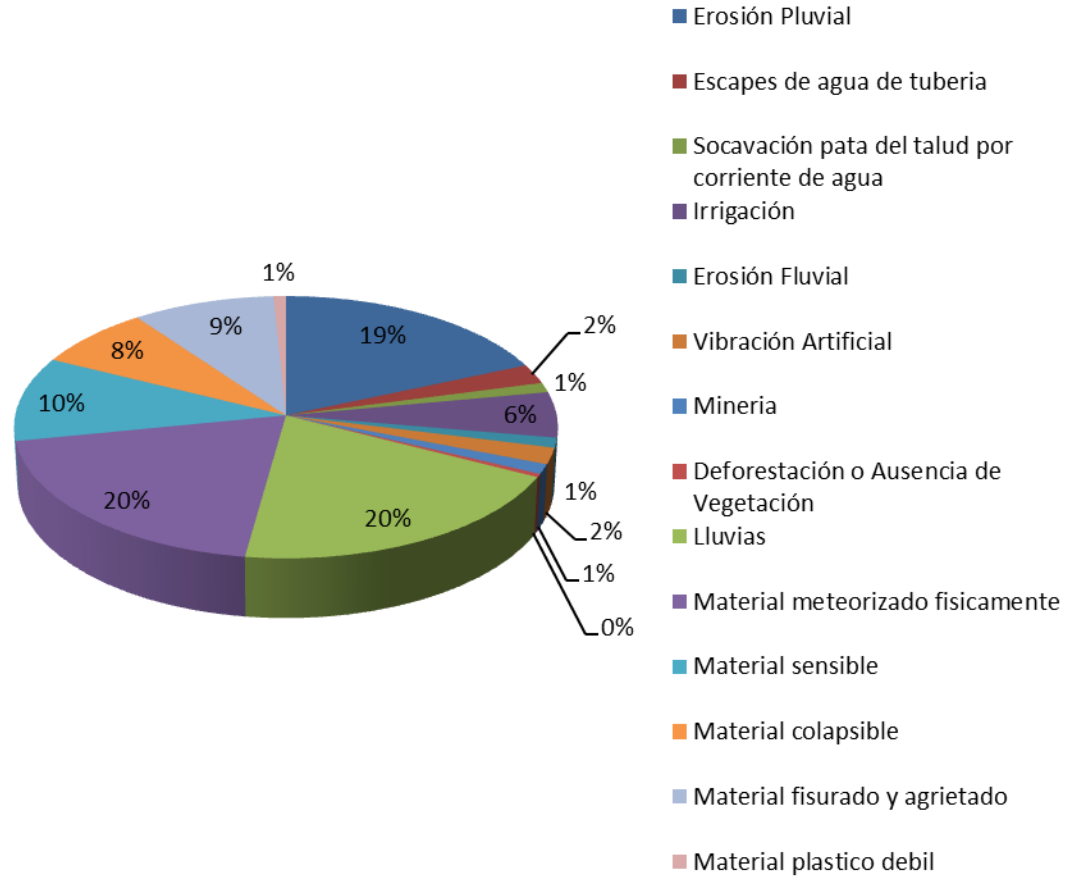
Fuente: Autor

#### 5.3.2.5 Causas del Movimiento

Las 3 principales causas de movimiento identificables en la plancha 110-Pamplona corresponden a factores condicionantes como la erosión pluvial, el material meteorizado físicamente y factores detonantes como las lluvias en especial aquellas ocurridas en los temporales invernales intensos como lo fueron durante el 2011 y 2012.

Figura 95. Causas del movimiento.

## CAUSAS DEL MOVIMIENTO

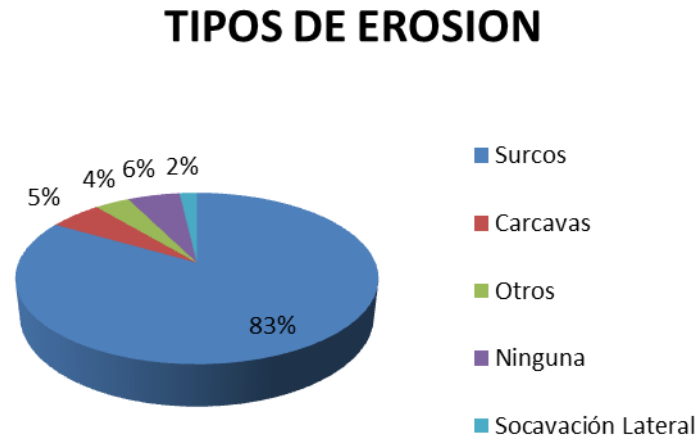


Fuente: Autor

### 5.3.2.6 Tipos de Erosión-Estado

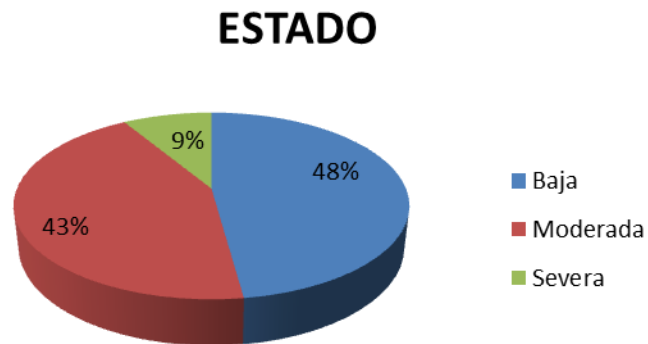
La erosión que predomina en los movimientos de la plancha 110-Pamplona es la erosión en surcos y el estado en el que se encuentran estos tipos de erosión esta entre baja y moderada.

**Figura 96. Tipos de erosión**



Fuente: Autor

**Figura 97. Estado**

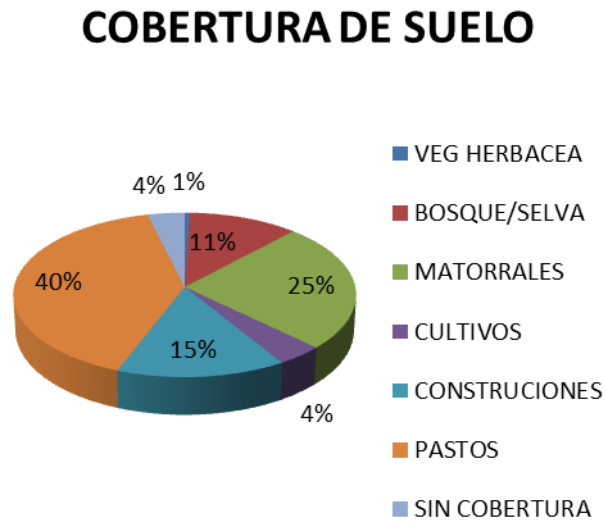


Fuente: Autor

### 5.3.2.7 Cobertura y Uso de Suelo

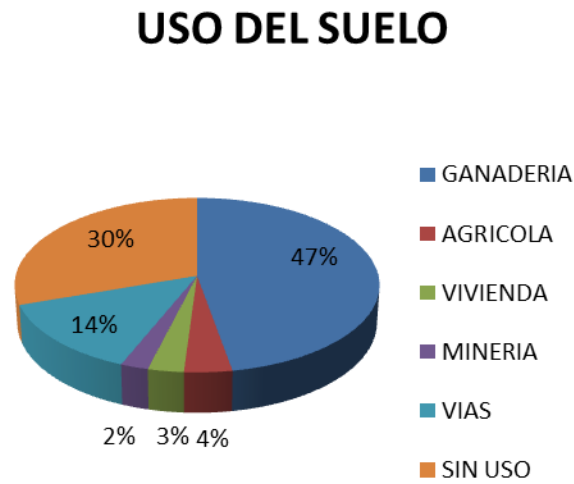
La cobertura de suelo predominante en la plancha 110-Pamplona, son los pastos que son utilizados principalmente en actividades ganaderas. Se observa una tendencia a encontrarse zonas que no tienen ningún uso de suelo y otras que aunque su porcentaje no es alto son muy importantes porque involucra población como son las viviendas en la parte rural y las vías que comunican con estas.

**Figura 98. Cobertura de suelo.**



Fuente: Autor

**Figura 99. Uso de suelo.**

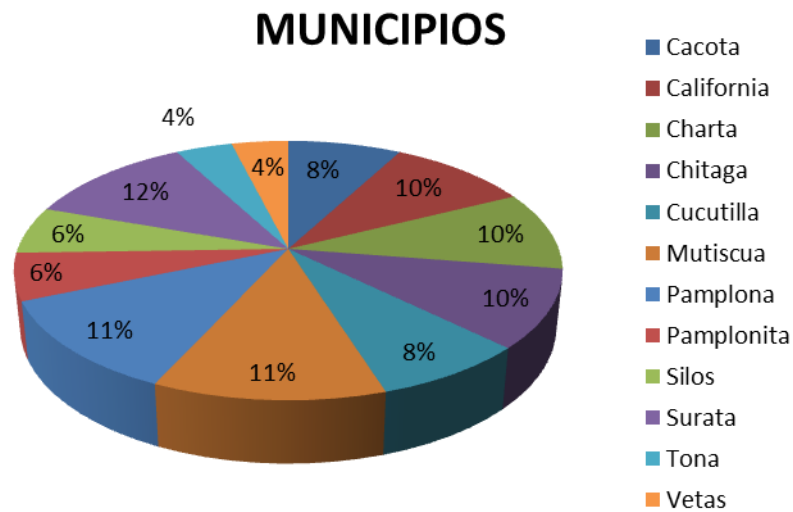


Fuente: Autor

### 5.3.2.8 Movimientos en Masa por Municipios

Debido a la escala de trabajo es muy difícil determinar que municipios presentan mayores problemas ocasionados por los movimientos en masa. El inventario tuvo en cuenta aquellos fenómenos representativos que presentan un riesgo medio a alto sobre población e infraestructura. En la gráfica se puede observar como municipios como: Surata, Pamplona y Mutiscua presenta la mayor cantidad de movimientos de diferente tipo. Le siguen los municipios de California, Charta y Chitagá. Los que menos presenta incidencia de movimientos son: Tona y Vetás, aunque este valor es relativo dependiendo del grado de profundización que se realizó en búsqueda de estos fenómenos.

**Figura 100. Movimientos en masa por municipios.**



Fuente: Autor.

## 6 CONCLUSIONES

- ✓ La zona de estudio presento diferentes aspectos geomorfológicos, que son producto de factores endógenos (presión, temperatura y esfuerzos) y exógenos (erosión, meteorización y transporte) encargados de modelar y generar un aspecto característico a la superficie actual del terreno. Identificándose 4 ambientes morfogenéticos: estructural (60,14%), denudacional (13,46%), fluvial (0,83%) y glacial (25,57%), cada uno de ellos representados con un área, distribuida de manera heterogénea en la plancha 110-Pamplona.
- ✓ Los ambientes geomorfológicos identificados en la plancha 110-Pamplona con mayor porcentaje de área, corresponden: al ambiente estructural y glacial. El primero es resultado de las condiciones tectónicas presentes en el Macizo de Santander y al oriente del mismo. Donde estructuras mayores como fallas (inversas y de rumbo) y pliegues (anticlinales y sinclinales) proporcionan un aspecto netamente geométrico a las formas del terreno, con presencia de procesos denudativos (movimientos en masa) en superficie. Dentro de las unidades geomorfológicas estructurales más representativas se destacan los espolones festoneados (Sefes), facetados (Sefc) y las laderas estructurales (Sshle) y de contrapendiente (Sshlc) de sierra homoclinal. El segundo en definición es la combinación de las deformaciones de la corteza, influenciado por el desgaste generado por agentes climáticos en zonas con alturas mayores a los 3000 msnm, asociados a procesos glaciales y periglaciales, observados en los páramos de Berlín y Santurbán. Las geoformas típicas de este ambiente fueron los Espolones (Gee), Sierras (Gsg) y laderas estructurales (Gshle) y de contrapendiente (Gshlc) de sierra homoclinal.

- ✓ La unidad o subunidad geomorfológica más representativa con mayor porcentaje de área en la plancha 110-Pamplona, corresponde a espolones festoneados (Sefes), distribuidos principalmente al norte de la zona de estudio.
- ✓ Las geoformas de origen morfoestructural son susceptibles a procesos de inestabilidad, de acuerdo con la disposición estructural de los estratos que las conforman. Estos fenómenos son más frecuentes cuando las capas de los taludes naturales presentan inclinaciones desfavorables con respecto a estos, generando movimientos en masa.
- ✓ Los procesos morfodinámicos (erosión y movimientos en masa) identificados a partir del análisis de imágenes de satélite, SIMMA y captura en campo, equivalen a 51 movimientos distribuidos en la plancha 110-Pamplona. Clasificados y caracterizados según la metodología propuesta por el Servicio Geológico Colombiano.
- ✓ A partir de la caracterización y del análisis estadístico multivariado, se pudo determinar que el mayor porcentaje de movimientos en masa corresponde a deslizamientos traslaciones, aunque en menor proporción se encontraron deslizamientos traslacionales planares, rotacionales y flujos. Estos movimientos son principalmente activos, múltiples y ensanchados; asociados a material detrítico y roca.
- ✓ Muchos de los movimientos en masa inventariados fueron encontrados en los municipios de Surata (12%), Pamplona (11%) y Mutiscua (11%), aunque a la escala de trabajo es muy difícil determinar que municipios presentan mayores problemas. El inventario tuvo en cuenta aquellos fenómenos representativos que asume un riesgo sobre población e infraestructura. Este valor es muy relativo porque depende en cierto modo del grado de búsqueda que se realizó durante el estudio.

- ✓ Los principales factores contribuyentes a los procesos de inestabilidad de las laderas, son: la actividad antrópica, generada por actividades agropecuarias, cortes de vías y manejo deficiente del drenaje superficial; la erosión pluvial, el material meteorizado físicamente y las lluvias condicionadas por los fuertes temporales invernales ocurridos entre el 2011 y 2012. Donde quedó demostrado lo vulnerable que se encuentra el país ante estos procesos denudativos.
- ✓ La principal unidad litológica sobre la cual se desarrolla estos procesos es la Formación Silgara que es la más representativa de la zona de estudio con un 9,37%. Compuesta principalmente por filitas, esquistos y cuarcitas. Aunque cabe resaltar que muchas veces se genera sobre el suelo residual que presenta cada unidad geológica, derivado de la composición de la misma.

## 7 RECOMENDACIONES

- ✓ Se sugiere que la cartografía geomorfológica sea recreada a escalas de mayor detalle. Con el fin de poseer unos mapas geomorfológicos que abarquen aquellas unidades que no fueron tenidas en cuenta y que no se ajustaban a la escala utilizada. Permitiendo mejorar en el análisis de la zonificación de movimientos en masa y ajustada más a la realidad.
- ✓ Este informe recopila mucha de las características morfodinámicas y morfogenéticas presentes en el área de interés, correspondiente a la plancha 110-Pamplona, a escala 1:100.000. Se recomienda no tomar como resultado final la información presentada, si no como un aporte al conocimiento geomorfológico de la zona de estudio, aplicado a la zonificación de los movimientos en masa; estos resultados están sujetos a futuros cambios, con el objetivo de mejorar la calidad de los productos entregados.
- ✓ Se recomienda que aquellos movimientos en masa que fueron cartografiados y registrados en el SIMMA, que poseen diferente grado de importancia (bajo, medio y alto), sean monitoreados, ya que muchos de ellos involucra infraestructura y pone en riesgo vidas humanas. Además de que sean aplicados lo correctivos necesarios (obras de mitigación) para que estos fenómenos no amplíen su efecto sobre la zona donde se encuentran ubicados.
- ✓ Se aconseja que estos estudios sean tenidos en cuenta a la hora de la planificación del plan de ordenamiento territorial de cada uno de los municipios involucrados en esta plancha.

---

## BIBLIOGRAFIA

- ✓ ALCALDIA DE CACOTA 2001. Esquema de Ordenamiento Territorial Municipal 326p. Norte de Santander-Colombia.
- ✓ ALCALDIA DE CHITAGA 1997. Esquema de Ordenamiento Territorial Municipal. Norte de Santander-Colombia.
- ✓ ALCALDIA DE CACOTA 2001. Esquema de Ordenamiento Territorial Municipal. Norte de Santander-Colombia.
- ✓ ALCALDIA DE LABATECA 2003. Esquema de Ordenamiento Territorial Municipal. Norte de Santander-Colombia.
- ✓ ALCALDIA DE MUTISCUA 2002. Esquema de Ordenamiento Territorial Municipal. Norte de Santander-Colombia.
- ✓ ALCALDIA DE PAMPLONA 2001. Plan Básico de Ordenamiento Territorial Municipal. Norte de Santander-Colombia.
- ✓ ALCALDIA DE PLAMPLONITA 2001. Esquema de Ordenamiento Territorial Municipal 80p. Norte de Santander-Colombia.
- ✓ ALCALDIA DE SILOS 2000. Esquema de Ordenamiento Territorial Municipal 80p. Norte de Santander-Colombia.
- ✓ ALCALDIA DE TOLEDO 2000. Esquema de Ordenamiento Territorial Municipal 428p. Norte de Santander-Colombia.

- ✓ CALDERÓN, J., ROMERO, J. 2009. Cartografía y sedimentología de los depósitos cuaternarios en el área de Pamplona, Pamplonita y La Lejía. INGEOMINAS: Informe final proyecto AME09-43, Investigación y monitoreo de la actividad Sísmica, Fuente Morro Negro-Pamplona. Inédito. Bogotá (Colombia), p. 74.
- ✓ CARVAJAL, H. 2008. Primeras aproximaciones a la estandarización de la geomorfología en Colombia. Documento INGEOMINAS, 30 P. Bogotá.
- ✓ CHAPARRO, J., DUARTE, W. 2013. Trabajo de grado: Análisis geológico y geomecánico del depósito cuaternario de la lejía, asociado a la falla Chitagá. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga.
- ✓ ETAYO, F. et al. 1983. Mapa de Terrenos Geológicos de Colombia. Ingeominas – United States Geological Survey (USGS). Publicaciones especiales de Ingeominas, p. 235 + 1 mapa + 1 tab. Bogotá. Colombia.
- ✓ GARCÍA, C. A.; RÍOS, C. A. & CASTELLANOS, O. M. (2005): Medium-pressure, metamorphism in the Central Santander Massif, Eastern Cordillera, Colombian Andes. Boletín de Geología, V. 27, (2): 43-68, Bucaramanga.
- ✓ GREYSTAR RESOURCES LTD, 2009. Estudio de impacto ambiental- Proyecto Angostura. Capítulo 3: Descripción y caracterización ambiental del área de influencia, 320 p.
- ✓ HUGGERT, R., 2007. Fundamentals of Geomorphology. Edited by John Gerrard. Ed. 2. Universidad de Manchester. 483 p. ISBN 0-203-94711-8.

- ✓ HIGHLAND, L.M., Y BOBROWSKY, PETER, 2008. Manual de derrumbes. Guía para entender todo sobre los derrumbes: Reston, Virginia, Circular 1325 del Sistema Geológico de los EUA, 129 p.
- ✓ IDEAM, 2010. Sistemas Morfogénicos del Territorio Colombiano. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Bogotá, D. C., 252 p., 2 anexos, 26 planchas en DVD.
- ✓ IRVING, E, 1971. La evolución estructural de los andes más septentrionales de Colombia. Boletín geológico de Ingeominas. Volumen XIX N°2, 89 p. Bogotá.
- ✓ McMILLAN, A. A., POWELL, J. H., 1999. BGS Rock Classification Scheme Volume 4. Classification of artificial (man-made) ground and natural superficial deposits – applications to geological maps and datasets in the UK. British Geological Survey Research Report, RR 99-04.
- ✓ OLAYA, V. 2011. Sistemas de información geográfica. Versión 1.0, 877 p. [http://wiki.osgeo.org/wiki/Libro\\_SIG](http://wiki.osgeo.org/wiki/Libro_SIG).
- ✓ OSORIO, L., SALAZAR, O. 2006. Trabajo de grado: Cartografía geológica y caracterización estructural de la subcuenca del río Tona, Macizo de Santander, con fines hidrogeológico. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga.
- ✓ PROYECTO MULTINACIONAL ANDINO: Geociencias para las comunidades andinas, PMA-GCA. 2007. Movimientos en masa en la región andina: Una guía para la evaluación de amenazas. Servicio Nacional de Geología y Minería. Publicación Geológica Multinacional No 4, 432 p., 1 CD-ROM.

- ✓ SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO, SGC. 2012. Propuesta Metodológica Sistemática para la Generación de Mapas Geomorfológicos Analíticos Aplicados a la Zonificación de Amenaza por Movimientos en Masa Escala 1:100.000. Bogotá D.C. 88 p.
- ✓ SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO, SGC, 2012. Documento Metodológico de la Zonificación y Amenaza Relativa por Movimientos en Masa. Escala: 1:100.000. Bogotá, D.C. 135 p.
- ✓ SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO, SGC. 2013. Documento Metodológico de la Zonificación y Amenaza Relativa por Movimientos en Masa. Escala: 1:100.000. Versión No2. Bogotá, D.C. 158 p.
- ✓ SUMMERFIELD, M., 1991. Global Geomorphology. An introduction to the study of landforms. Ed. 1. Department of Geography, University of Edinburgh. 537 p. ISBN 0-582-30156-4.
- ✓ WARD, D., GOLDSMITH, R., CRUZ, J., RESTREPO, H. 1973. Geología de los Cuadrángulos H12 Bucaramanga y H13 Pamplona, Departamento de Santander. Ingeominas, Boletín Geológico, Vol. XXI (1-3). Bogotá. Colombia.
- ✓ WARD, D., GOLDSMITH, R., CRUZ, J., JARAMILLO, L. & VARGAS, R. 1970. Mapa geológico del Cuadrángulo H-13 Pamplona, a escala 1:100.000. Ingeominas. Bogotá. Colombia.
- ✓ ZINCK, J., 2012. Geopedología. Elementos de geomorfología para estudios de suelos y de riesgos naturales. Enschede, Faculty of Geo-Information Science and Earth Observation. 123 p. ISBN: 90 6164 339 2

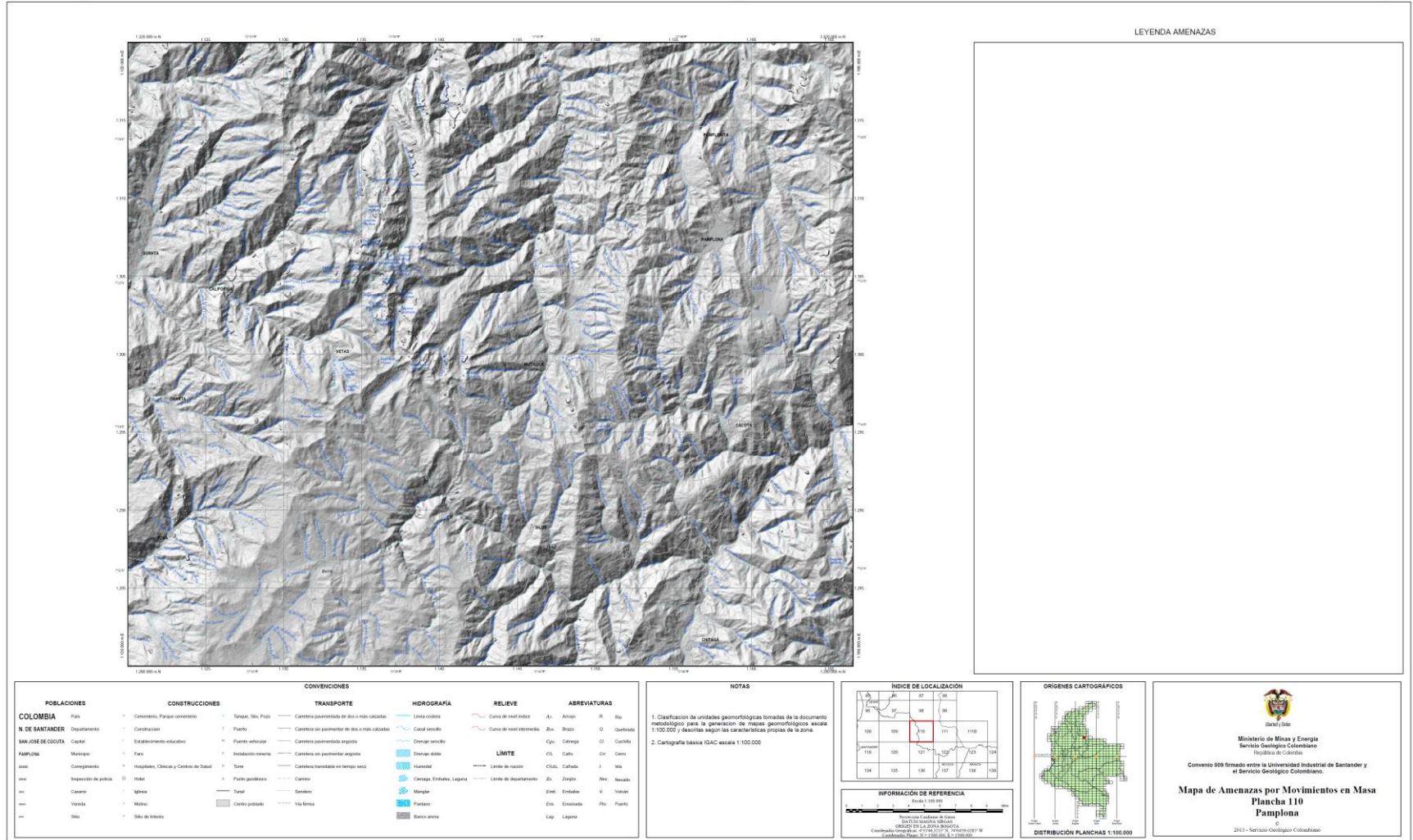
---

**Páginas web:**

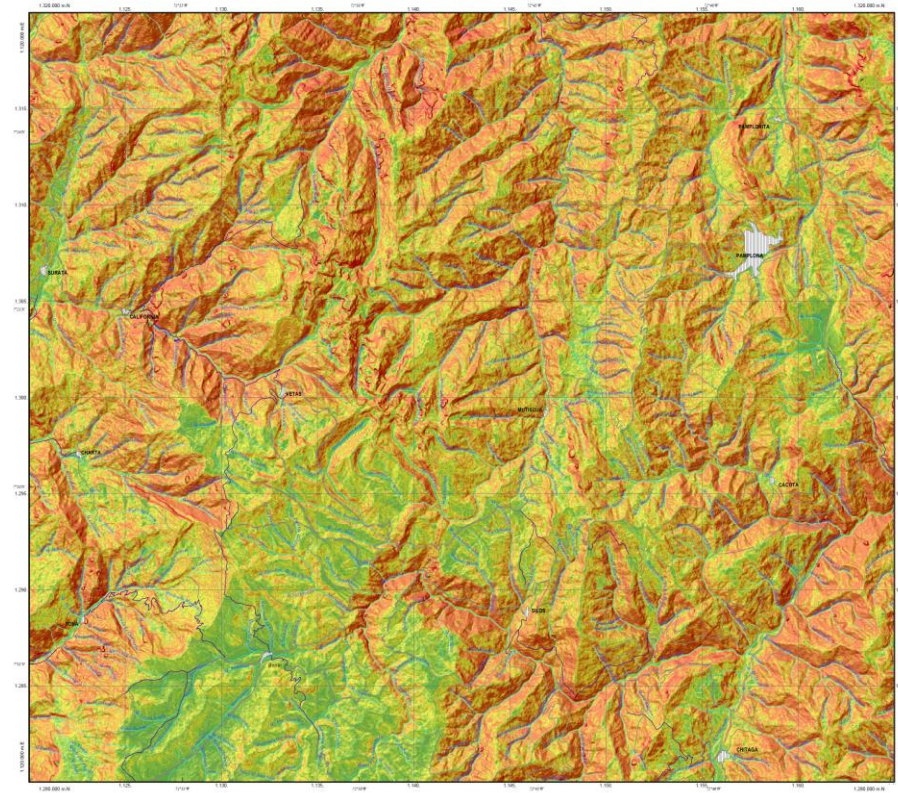
- ✓ Sistema de Información de Movimientos en Masa. Tomado el 10 de Enero del 2014 del sitio web: <http://www.zafiro.ingeminas.gov.co/simma/>
- ✓ Referencias virtuales: Software Google Earth 7.1.2.2041

## ANEXOS

**ANEXO A: MAPA DE SOMBRAS PLANCHA 110-PAMPLONA, ESCALA  
1:100.000**



**ANEXO B: MAPA DE PENDIENTES PLANCHA 110-PAMPLONA, ESCALA  
1:100.000**



LEYENDA AMENAZAS

Slope

<VALUE>



POBLACIONES	CONSTRUCCIONES	CONVENCIONES	TRANSPORTE	HIDROGRAFIA	RELIEVE	ABREVIATURAS
<b>COLOMBIA</b> País	Carreteras, Puentes carreteros	Torres, Silos, Puentes	Carreteras pavimentadas de más o más calzadas	Línea costera	Cota de nivel balbo	Ar: Arroyo R: Río
<b>N. DE SANTANDER</b> Departamento	Carreteras	Puentes	Carreteras en pavimento de más o más calzadas	Canal anillo	Cota de nivel altimétrica	Ba: Baño B: Balsa
<b>SAN JOSÉ DE CUCUTA</b> Capital	Establecimiento educativo	Planta nuclear	Carreteras en pavimento asfáltico	Canal sencillo		Ca: Canchales Ca: Canchales
<b>MARIPOSA</b> Municipio	Fuente	Instalación eléctrica	Carreteras en pavimento angosta	Canal doble		Ca: Calle Ca: Calle
<b>AMBA</b> Compartimiento	Hospitales, Clínicas y Centros de Salud	Torre	Carreteras pavimentadas en tiempo seco	Manantial	Límite de muestreo	Ca: Calda Ca: Calda
<b>AMBA</b> Inspección de policía	Hotel	Punto geodésico	Carreteras pavimentadas en tiempo húmedo	Canales Embalses, Lagunas	Límite de departamento	Z: Zanja A: Aterrizaje
<b>AMBA</b> Cementerio	Iglesia	Torres	Carreteras en pavimento de más o más calzadas	Manantial		En: Embalse En: Embalse
<b>AMBA</b> Vivienda	Albergo	Centro poblado	Carreteras en pavimento de más o más calzadas	Parque		En: Ensenada En: Ensenada
<b>AMBA</b> Silo	Silo de grano		Carreteras en pavimento de más o más calzadas	Banco arena		En: Laguna En: Laguna

**NOTAS**

1. Clasificación de unidades geomorfológicas tomadas de la documentación meteorológica para la generación de mapas geomorfológicos escala 1:100.000 y deslitas según las características propias de la zona.
2. Cartografía básica IGAC escala 1:100.000

**INDICE DE LOCALIZACION**

**ORIGENES CARTOGRAFICOS**

**INFORMACION DE REFERENCIA**

Proyecto Geológico de Base  
Escala 1:100.000  
ORIGEN EN LA UNIÓN BRONCA  
Coordenadas UTM: 18Q UTM 18Q  
Coordenadas UTM: 18Q UTM 18Q

Ministerio de Minas y Energía  
Servicio Geológico Colombiano  
República de Colombia

Convenio 009 firmado entre la Universidad Industrial de Santander y el Servicio Geológico Colombiano.

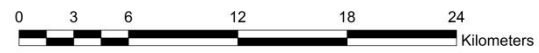
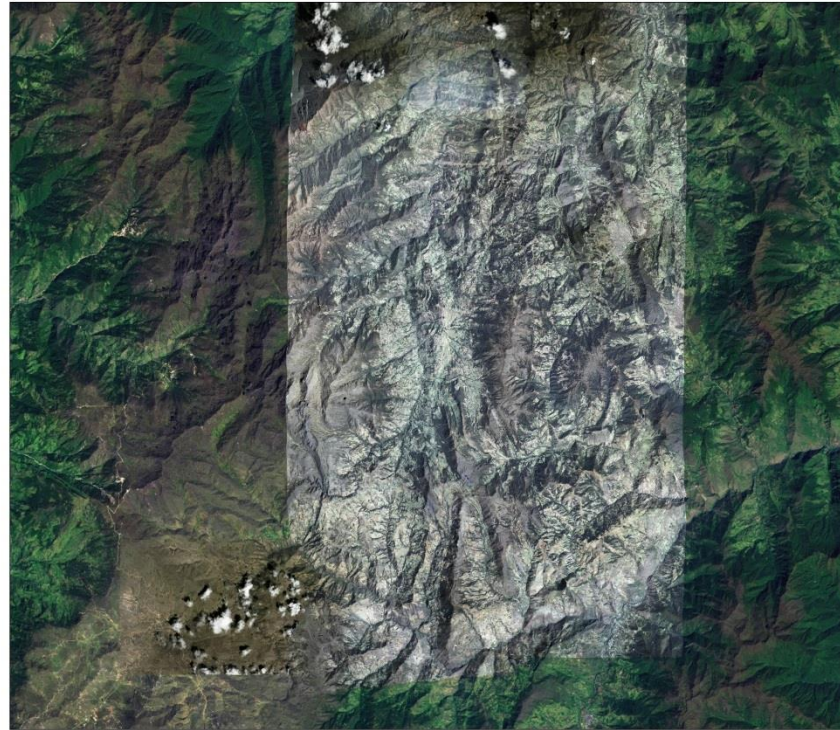
**Mapa de Amenazas por Movimientos en Masa  
Plancha 110  
Pamplona**

© 2011 - Servicio Geológico Colombiano

**ANEXO C: MAPA TOPOGRAFICO PLANCHA 110-PAMPLONA, ESCALA  
1:100.000**



## **ANEXO D: IMAGEN DE SATELITE PLANCHA 110-PAMPLONA**

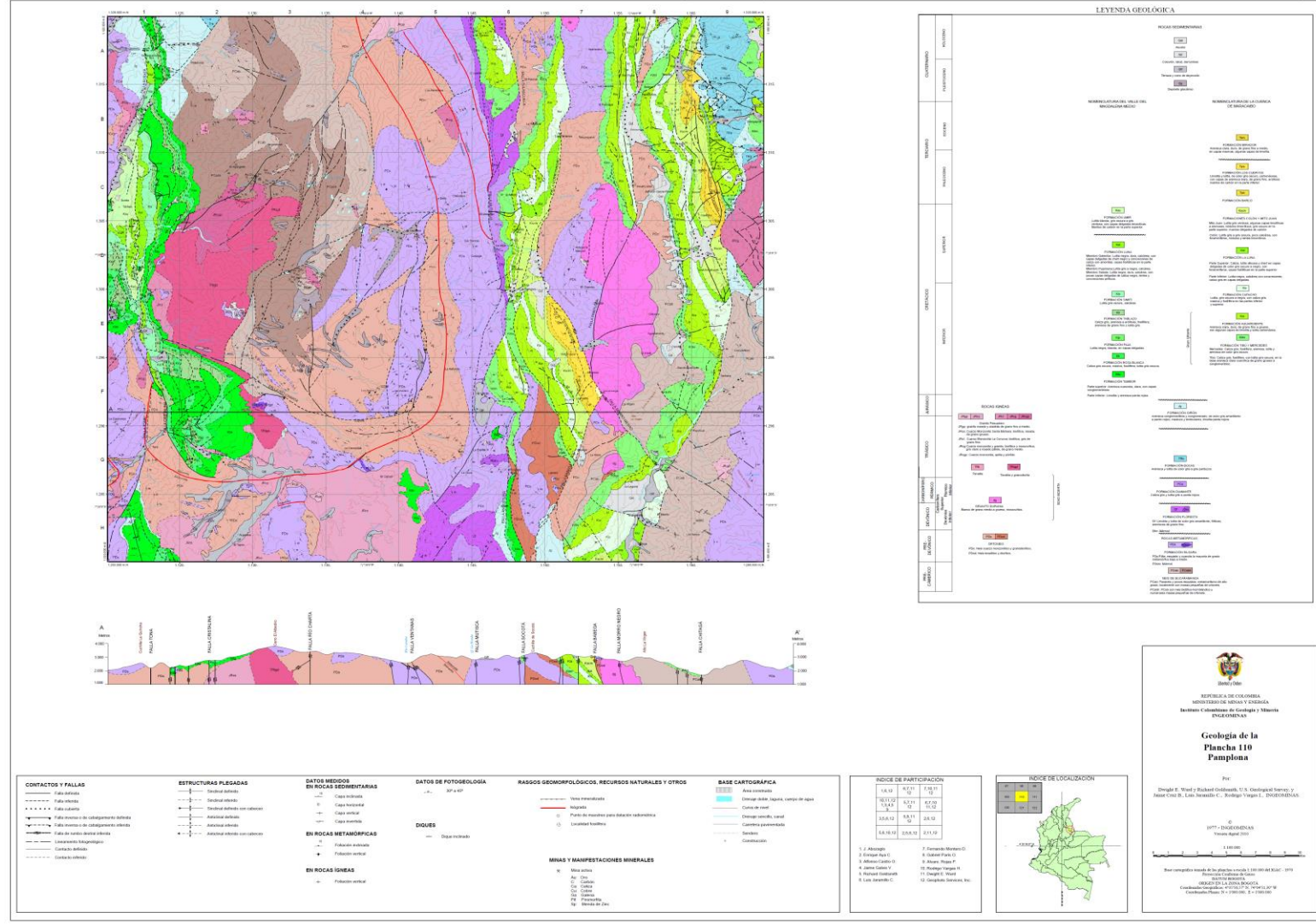


**ANEXO E: MAPA GEOLOGICO PLANCHA 110-PAMPLONA, ESCALA  
1:100.000**

PLANCHA 110 - Pamplona

REPÚBLICA DE COLOMBIA - Departamentos de Santander y Norte de Santander

PLANCHA 110 - Pamplona



## **ANEXO F: FORMATO GEOMORFOLOGIA**

Universidad Industrial de Santander		Tabla de Recolección de Datos de Morfometría para Cartografía Geomorfológica											
Fecha:	D	M	A	Plancha:	Estación:					Cobertura del Suelo (%)		Uso del Suelo (%)	
Lugar				Posición Geográfica					Referente Geográfico:				
Departamento:				X:						Veg. Herbícea	Ganadería		Z.
Municipio:				Y:						Boque/Selva	Agrícola		Industrial
Vereda:				Z:						Matorrales	Recreación		
Sitio:				Proyección Magna:					Cuerpos de Agua	Vivienda		Sin Uso	
									Cultivos	Minería			
									Construcciones	Área Protegida			
									Pastos	Vías			
									Sin Cobertura	Z. Arqueológica			
Morfogénesis				Morfología - Morfometría									
Morfoestructural				Tipo de Relieve		Índice de Relieve		Inclinación de Ladera		Longitud de la ladera		Forma de la Ladera	
Volcánico				Montañoso > de 400 m	Muy Bajo (< 50 m)	Plana a Suave (< 5°)		Muy Corta (< 50 m)		Rectilínea			
Denudacional				Colina 200 - 400 m	Bajo (50 - 250 m)	Inclinada (6° - 10°)		Corta (50 - 250 m)		Cóncava			
Fluvial - Deltaico - Lagun				Loma 50 - 200 m	Moderado (250 - 500 m)	Muy Inclinada (11° - 15°)		Moderadamente Larga (250 - 500 m)		Convexa			
Marino - Costero				Montículo < 50 m	Alto (500 - 1000 m)	Abrupta (16° - 20°)		Larga (500 - 1000 m)		Irregular			
Glaciar					Muy Alto (> 1000 m)	Muy Abrupta (21° - 30°)		Muy Larga (1000 - 2500 m)		Compleja			
Eólico						Escarpada (31° - 45°)		Extremadamente Larga (> 2500 m)					
Kárstico						Muy Escarpada (> 45°)							
Antropogenico / Biológico													
Características de Drenaje													
Forma de Canal		Densidad de Drenaje		Frecuencia de Drenaje		Textura de Drenaje		Patrón de Drenaje		Tipo de Roca			
En U Abierto		Baja (< 0,5 Km/Km2)		Muy Alta (> 40)		Gruesa		Detritico		Ígnea Ácida			
En U Cerrado		Moderada (0,5 - 1,0)		Alta (20 - 40)		Mediana		Subdetritico		Ígnea Intermedia			
En V Abierto		Alta (> 1,0)		Media (10 - 20)		Fina		Paralelo		Ígnea Básica			
En V Cerrado				Baja (5 - 10)		Muy Fina		Subparalelo		Ígnea Ultrabásica			
				Muy Baja (> 5)				Pinado		Volcánica Piroclástica			
								Rectangular		Sedimentaria Cementada			
								Radial		Sedimentaria Consolidada			
								Anular		Sedimentaria Química			
								Multicuenca		Metamórfica Masiva			
								Contorionado		Metamórfica Embebida			
								Otro:		Metamórfica Bien Folida			
Grado de Meteorización				Movimiento en Masa									
Fresca				Tipo de Movimiento		Tipo de Material		Estado					
Meteorización Débil				Caída	Roca		Activo						
Meteorización Moderada				Volcamiento	Detritos		Inactivo						
Meteorización Alta				Deslizamiento Rotacional	Suelo		Suspendido						
Descompuesta				Deslizamiento Translacional	Lodos		Reactivo						
				Reptación	Turba								
				Flujos									
				Propagación Lateral									
				Avalancha									
				Compuesto o Múltiple									
Tipo de Material													
Sprolito Grueso													
Sprolito Fino													
Tipo de Suelo				Tipo de Erosión		Espaciamiento de Canales (m)		Notas:					
Aluvial				Laminar	< 5								
Lagunar				Surcos	5 - 15								
Deltaico				Barrancos	15 - 50								
Eólico				Cárcavas	50 - 150								
Glaciar				Socavación	150 - 500								
Volcánico				Tierras Molas	> 500								
Residual				Terzetas									
Coluvial				Eólica	Intensidad de Erosión								
Flujo de Lodo				Glaciar	Suave								
Talús				Carística	Moderada								
Bloques				Mixta	Severa								
Conos de Deyección													
Otro:							Fotos:						

## **ANEXO G: FORMATOS SIMMA**

### FORMATO MODIFICADO PARA INVENTARIO DE MOVIMIENTOS EN MASA Vs 2012

Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas

IMPORTANCIA\*  
Alta  Media  Baja

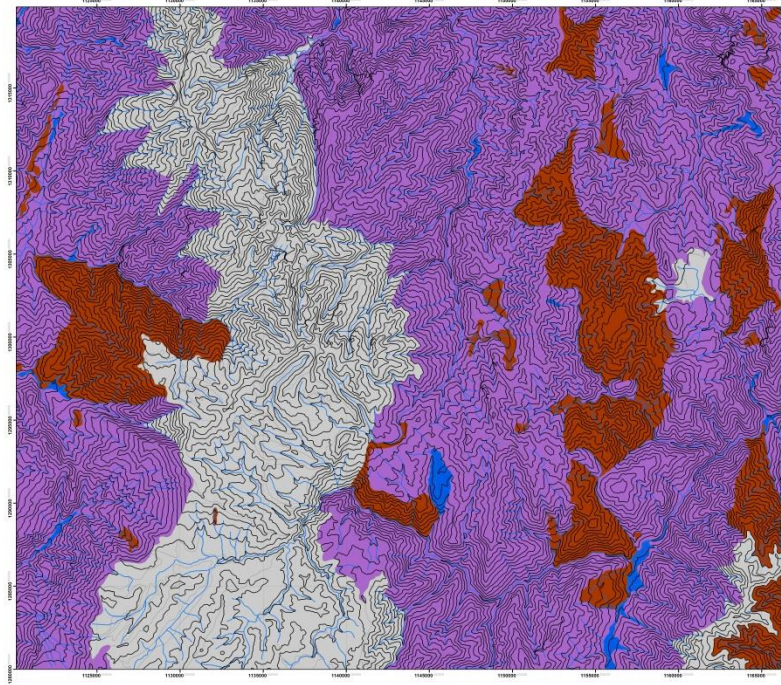
ENCUESTADOR*												FECHA EVENTO*												FECHA REPORTE*												INSTITUCIÓN*																																			
POR DIVISION POLITICA												COORDENADAS GEOGRAFICAS												REFERENTES GEOGRAFICOS												PLANCHAS												DOCUMENTACION																							
Departamento*												Municipio*												Vereda*												PLANCHAS												FOTOGRAFIAS AEREAS																							
ESTADO												ESTILO												DISTRIBUCION												DESCRIPCION												LITOLOGIA Y ESTRUCTURA																							
Estratificación												Folclación												Diáclases												Falta												Discordancia												Esquistosidad											
TIPO MOVIMIENTO												SUBTIPO MOVIMIENTO												TIPO MATERIAL												HUMEDAD												PLASTICIDAD																							
ORIGEN SUELO												TIPO DEPOSITO												VELOCIDAD												SISTEMA DE CLASIFICACION*																																			
GENERAL												DIMENSIONES DEL TERRENO												MORFOMETRIA												DEFORMACION TERRENO												GEOFORMIA																							
INHERENTES												CAUSAS DEL MOVIMIENTO												CONTRIBUYENTES - DETONANTES																																															
SUPERFICIAL												SUBSUPERFICIAL												TIPO DE EROSION												ESTADO												FLUVIAL												EOLICA											
COBERTURA DEL SUELO												USO DEL SUELO												AUTOR												ANO												REFERENCIAS																							
Veg. Herbáceas												Veg. Arbóreas												Agricultura												Recreación												Vivienda												Minería											

LOS CAMPOS MARCADOS CON ASTERISCO (\*) SON OBLIGATORIOS



FORMATO MODIFICADO PARACATALOGO DE MOVIMIENTOS EN MASA															
Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas								IMPORTANCIA*							
								Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja <input type="checkbox"/>							
<b>DATOS DE REGISTRO</b>															
ENCUESTADOR*		FECHA EVENTO*			FECHA REPORTE*			INSTITUCIÓN*							
		DD	MM	AA	DD	MM	AA								
<b>LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA</b>															
POR DIVISIÓN POLÍTICA		COORDENADAS GEOGRÁFICAS				REFERENTES GEOGRÁFICOS									
Departamento*		Sitio*													
Municipio*		Lat (GMS)*													
Vereda*		Long (GMS)*													
		Altura*													
		Proyección Magna*													
<b>CLASIFICACIÓN DEL MOVIMIENTO</b>															
TIPO MOVIMIENTO		SUBTIPO MOVIMIENTO													
		1*	2	1*	2	1*	2	1*	2						
Caída		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Caída de roca	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Desliz. tradicional	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Desliz. por flujo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Desliz. licuación detritos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Volcán		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Caída de detritos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Desliz. en cuña	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Avanchar de detritos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Desliz. licuación roca fracturada	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Deslizamiento		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Caída de laderas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Desliz. traslacional en cuña	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Flujo de tierra	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Propag. lateral lenta	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Flujo		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Volcán: resaca de roca	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Desliz. traslacional planar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Creceda de detritos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Propag. lateral licuación	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Propagación lateral		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Volcán: de roca	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Avanchar de rocas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Flujo de turba	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Reptación de suelos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Reptación		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Volcán: mazo rocoso	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Flujo de detritos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Desliz. licuación de arena	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Sedimentación	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Deform. Gravít. Profundas		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Desliz. rotacional	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Flejo de lodo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Desliz. licuación de lino	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Geofracción (en permafrost)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
										NOTA: 1: Primer movimiento, 2: Segundo movimiento					
<b>DAÑOS</b>															
<b>POBLACIÓN AFECTADA</b>			<b>INFRAESTRUCTURA, ACTIVIDADES ECONÓMICAS, DAÑOS AMBIENTALES</b>												
Heridos _____			TIPO	CAVIDAD	UNIDAD	TIPO DAÑO	VALOR (US\$)								
Vidas _____			I I A	_____	_____	DL DM DS DT NC	_____								
Desaparecidos _____			I I A	_____	_____	DL DM DS DT NC	_____								
Personas _____			I I A	_____	_____	DL DM DS DT NC	_____								
Familias _____			I I A	_____	_____	DL DM DS DT NC	_____								
<b>TIPO DE DAÑO:</b> <u>Infraestructura:</u> edificios, carreteras, inst. educativa, puentes, servicios públicos, vía férrea, torre conducción eléctrica, obras lineales, planta eléctrica, torre de energía, capa asfáltica, galpones, tanque almacenamiento, espolones, distrito riego, puentes peatonales, puentes veredales, acueducto. <u>Económicos:</u> agricultura, ganadería, cultivos, semovientes, transporte pasajeros y carga. <u>Ambientales:</u> parques, bosques, planta tratamiento de agua.			I I A	_____	_____	DL DM DS DT NC	_____								
			I I A	_____	_____	DL DM DS DT NC	_____								
			I I A	_____	_____	DL DM DS DT NC	_____								
			I I 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															
<b>NOTAS:</b> (Por ejemplo causas y observaciones generales)															

**ANEXO H: MAPA AMBIENTES MORFOGENETICOS PLANCHA 110-  
PAMPLONA, ESCALA 1:100.000**



**Legend**

**GmfMM\_110**

<all other values>

**Ambiente**

ANTROPOGÉNICO

CÁRSTICO

DENUDACIONAL

ESTRUCTURAL

EÓLICO

FLUVIAL

GLACIAL

MARINO

VOLCÁNICO



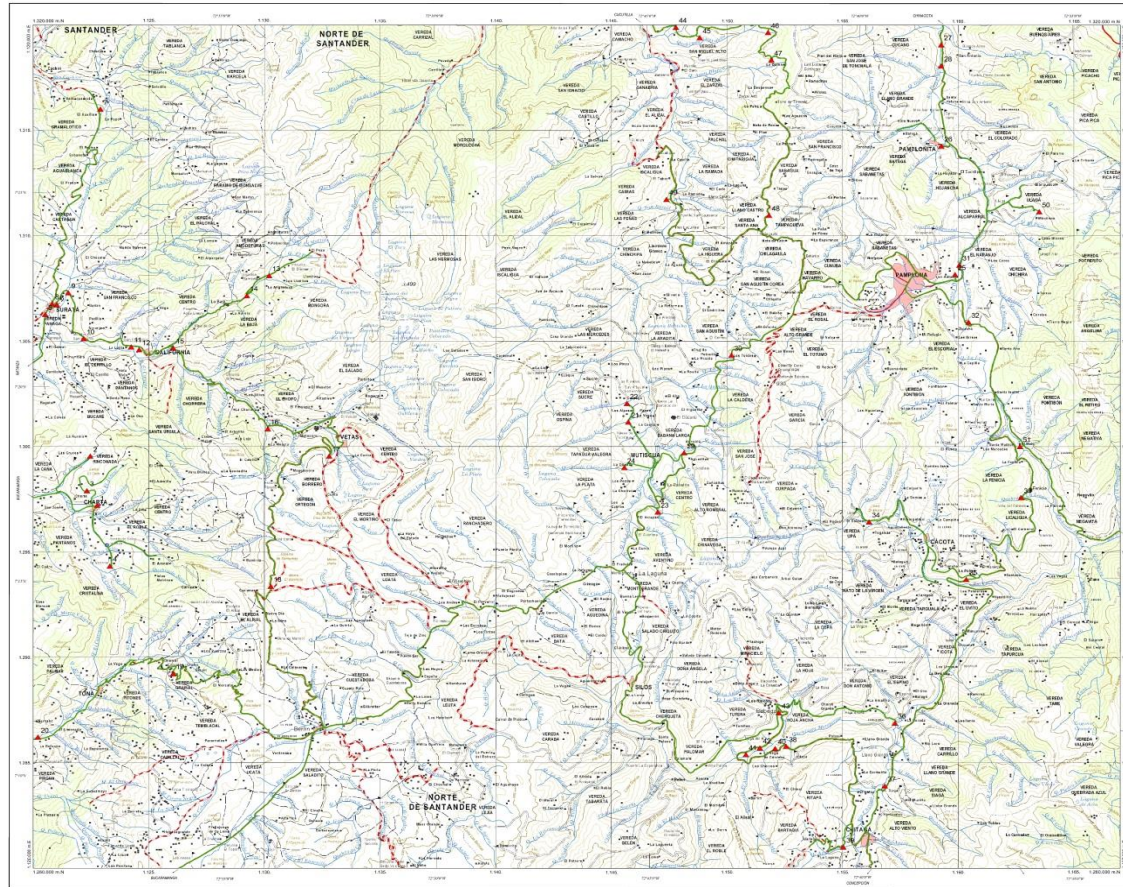
**ANEXO I: MAPA GEOMORFOLOGIA PLANCA 110-PAMPLONA, ESCALA  
1:100.000**



**ANEXO J: MAPAS DE ESTACIONES Y RECORRIDOS DE CAMPO PLANCHA  
110-PAMPLONA, ESCALA 1:100.000**



**ANEXO K: MAPA DE ESTACIONES Y RECORRIDOS PARA CATALOGO  
HISTÓRICO E INVENTARIO SIMMA PLANCHA 110-PAMPLONA, ESCALA  
1:100.000**



Convenções de campo  
 ▲ Estaciones  
 — Recorrido

**REPÚBLICA DE COLOMBIA**  
 DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADÍSTICA  
 INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI  
 INSTITUCIÓN DE INVESTIGACIONES Y CARTOGRAFÍA

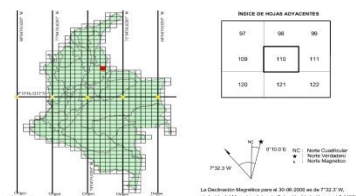
**CARTA GENERAL**  
 Escala 1:100,000



**CONVENCIÓNES**

- |                    |  |                                  |   |
|--------------------|--|----------------------------------|---|
| <b>POBLACIONES</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Casita de paso</li> <li>Casita de departamento</li> <li>Compendio</li> <li>Fraccionamiento de pedanía</li> <li>Casita</li> <li>Barrio</li> <li>Finca</li> </ul> | <b>PUNTOS DE CONTROL</b>         | <ul style="list-style-type: none"> <li>Punto de control</li> </ul>  |
| <b>BOGOTÁ</b>      |  | <b>LÍMITES</b>                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Límite de barrio</li> <li>Límite de asentamiento</li> </ul>  |
| <b>VALLEUPAR</b>   |  | <b>TRANSPORTE</b>                | <ul style="list-style-type: none"> <li>Carrilera pavimentada de 6.5 a 8 metros de ancho</li> <li>Carrilera pavimentada de 4 a 6 metros de ancho</li> <li>Carrilera de pavimento rígido</li> <li>Carrilera variable en tiempo seco</li> <li>Carrilera de tierra</li> <li>Vía férrea</li> </ul>                         |
| <b>RÍO DE ORO</b>  |  | <b>CONSTRUCCIONES</b>            | <ul style="list-style-type: none"> <li>Certero poblado</li> <li>Certero</li> <li>Establecimiento educativo</li> <li>Sofitacion</li> <li>Ignia</li> <li>Wiro</li> <li>Molino de viento</li> <li>Tanque alto paso</li> <li>Almacén</li> <li>Puente</li> <li>Torre</li> <li>Mat de alta tensión</li> <li>Faro</li> </ul> |
| <b>La Dña</b>      |  | <b>RELIEVE</b>                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Cota de nivel índice</li> <li>Cota de nivel matemático</li> <li>Cota de nivel ortométrico</li> <li>Cota de nivel dinámico</li> <li>Cota de nivel intermedio ortométrico</li> <li>Cota de nivel intermedio dinámico</li> </ul>  |
| <b>El Cañón</b>    |  | <b>ABREVIATURAS</b>              |   |
| <b>El área</b>     |  | <b>INFORMACIÓN DE REFERENCIA</b> |   |
| <b>Finca</b>       |  | <b>PROYECCIÓN GENERAL</b>        |   |

- |  |  |  |  |
|--|--|--|--|
| <b>ABREVIATURAS</b>  |  | <b>INFORMACIÓN DE REFERENCIA</b>   |  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Abp. Arzobispado</li> <li>Bco. Banco</li> <li>Cgr. Colegio</li> <li>Ca. Calle</li> <li>C.M. Cementerio</li> <li>Zo. Zona</li> <li>Arzob. Arzobispado</li> <li>Est. Estación</li> <li>Esq. Esquina</li> <li>Lag. Laguna</li> <li>R. Río</li> <li>Q. Quilómetro</li> <li>Co. Centro</li> <li>Ge. Geografía</li> <li>Co. Correo</li> <li>Re. Residencia</li> <li>V. Vía</li> <li>Pu. Puerto</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>CONFEDERACIÓN</li> <li>DEPARTAMENTO</li> <li>ORIGEN EN LA ZONA</li> <li>Comandante Geográfico</li> <li>Comandante Planeación</li> <li>INMEDIOS SATELITALES</li> <li>FOTOGRAFÍA AEREA</li> <li>CLASIFICACIÓN DE CAMPO</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Confederación de Guano</li> <li>Geografía</li> <li>BOGOTÁ</li> <li>4° 26' 00" Sur</li> <li>73° 02' 00" Long. Oeste</li> <li>1:100,000 escala horizontal</li> <li>1:100,000 escala vertical</li> </ul> |  |



Cartografía general producida a partir de imágenes satelitales (satélite ETM+) de los años 2002 y 2003, actualizadas con datos de campo obtenidos a escala 1:100,000 y del sistema digital de coordenadas UTM. La proyección generalizada es de 2 metros de escala del mapa. Diagonales en formato digital de los datos cartográficos de los cartógrafos para ser en escala de 1:100,000.

NOTA: Seleccionar a los usuarios que encuentran errores o omisiones en este mapa, señalarlos y enviarlos al Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Carta No. 4631, Subdirección de Geografía y Cartografía, Bogotá D.C. El mapa se basa en los datos:

CARTOGRAFÍA GENERAL DE COLOMBIA  
 Es propiedad del Estado.  
 Derechos reservados. Cualquier reproducción sin el consentimiento escrito por el titular de los derechos reservados es estrictamente prohibida por el artículo 172 del Código Penal y el artículo 270 del Código de Comercio.  
 INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI, 2008



